Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

О. Г. Кириченко

РОЗВИТОК МЕТАЛУРГІЙНОЇ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

Конспект лекцій
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
всіх спеціальностей

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № ___ від _____

Запоріжжя
2023

УДК 669:681.5(075.8)
К431

Кириченко О. Г. Розвиток металургійної смарт-промисловості : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти магістра всіх спеціальностей. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 103 с.

Конспект лекцій призначений для закріплення теоретичних знань щодо проблем, особливостей і наслідків стратегічних перетворень у металургійній промисловості України в контексті сучасних глобальних техніко-технологічних і соціально-економічних трансформацій під впливом постійного вдосконалення та всеохоплюючого впровадження «розумних» рішень і технологій.

Для здобувачів ступеня вищої освіти магістра всіх спеціальностей.

Рецензент
Д. В. Прутцьков, доктор хімічних наук, професор кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Відповідальний за випуск
Ю. О. Бєлоконь, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

ЗМІСТ

С.
ВСТУП ... 4
Розділ 1 ОСОБЛИВОСТІ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В СУЧАСНОМУ СВІТІ ТА ЇЇ РОЛЬ У МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ... 7
Розділ 2 ПОТЕНЦІАЛ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ ТА НАПРЯМИ ЇЇ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ... 12
2.1. Перспективні сфери та потенційна ефективність використання технологій смарт-промисловості ... 12
2.2 Бар'єри та ризики розвитку смарт-промисловості ... 15
2.3 Обґрунтування напрямів розвитку смарт-промисловості в Україні ... 19
2.3.1 Напрями розвитку смарт-промисловості в Україні: функціональний аспект ... 19
2.3.2. Напрями розвитку смарт-промисловості в Україні: галузевий аспект ... 25
2.4 Аналіз проблем і напрями становлення смарт-виробництв у галузях промисловості ... 29
2.4.1 Передумови, проблеми та напрями розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах ... 29
Розділ 3 СВІТОВИЙ ДОСВІД СТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ СМАРТ-ВИРОБНИЦТВ ... 42
3.1 Провідні тенденції та виклики розвитку світової металурги ... 42
3.2 Історичні передумови, актуальність і необхідність розвитку смарт-виробництв у металургійній промисловості ... 52
3.3 Особливості використання «розумних» технологій у виробничій, організаційно-економічній і соціальній сферах діяльності металургійних підприємств ... 55
Розділ 4 ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СМАРТ-МЕТАЛУРГІЇ В УКРАЇНІ ... 60
4.1 Передумови та проблеми смартизації галузі ... 60
4.2 Особливості та наслідки впровадження смарт-рішень і технологій в українській металургії ... 68
Розділ 5 МЕТАЛУРГІЯ МАЙБУТНЬОГО: ЩО ЧЕКАЄ ГАЛУЗЬ В ЕПОХУ ЧЕТВЕРТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ ... 74
Розділ 6 ПРОЕКТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ... 80
6.1 «ІНТЕРПАЙП» ... 81
6.2 ГРУПА «МЕТІНВЕСТ» ... 88
6.3 «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ» ... 89
6.4 FERREXPO ... 90
ВИСНОВКИ ... 93
ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ ... 97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ... 99

ВСТУП

У глобальному вимірі сьогоденний розвиток світової економіки характеризується стрімкими темпами розробки й упровадження новітніх технологій, які ще вчора вважалися «фантастикою», та більш всеохоплюючим і глибоким їх проникненням у життя людини. Поштовхом до більш широкого використання інноваційних розробок, насамперед у промисловості, стала світова фінансово-економічна криза 2008-2009 рр., яка продемонструвала вразливість фінансового сектору економіки без належного розвитку реального та спонукала менеджерів компаній і державних діячів посилити увагу до індустріальної політики. Це спричиняє серйозні економічні, соціальні, політичні, техногенні та інші зміни як для суспільства, так і для навколишнього середовища, у якому воно мешкає.

Окрім загальних питань, останнім часом усе більше уваги приділяється дослідженню впливу цих трансформацій на різні види економічної діяльності через наявність істотних розбіжностей у процесі опанування ними «розумних» рішень і технологій. Не останнє місце серед таких галузей посідає металургійна.

У сучасному світі метал є одним із найбільш використовуваних товарів, що знаходить застосування у багатьох сферах людського життя - від будівельних споруд і транспорту до найсучаснішого обладнання та гаджетів. Металургія перебуває на початку більшості ланцюжків створення вартості, поставляючи життєво необхідні сировину й матеріали для таких видів економічної діяльності, як виробництво металевих виробів, машинобудування, будівництво, енергетика, добувна промисловість та ін. Тому питання її ефективного розвитку виступає підґрунтям підвищення конкурентоспроможності інших секторів економіки та гармонізації відносин із суспільством щодо охорони довкілля та забезпечення соціальних гарантій для працівників.

В Україні металургійна промисловість, з одного боку, залишається одним з основних видів промислової діяльності, забезпечуючи до 16% загального обсягу реалізованої промислової продукції та понад 200 тис. робочих місць, що робить її стратегічно важливою для майбутнього розвитку економіки; з іншого - незважаючи на досить великі обсяги виплавки сталі, галузь практично не має важелів впливу на світовий металоринок та продовжує втрачати лідируючі позиції як на міжнародній арені, так і на внутрішньому ринку через катастрофічно низьке споживання металопродукції в країні та незадовільний рівень інноваційності. У зв'язку з цим актуальним є визначення нових шляхів розвитку вітчизняної металургії в умовах переоцінки проблем, чинників, завдань і перспектив промислового розвитку в Україні та світі в контексті нових викликів четвертої промислової революції.

У глобальному вимірі проблеми розвитку металургійної промисловості становлять предмет досліджень великих міжнародних організацій, публікації яких присвячені проблемам і перспективам розвитку галузі в умовах нової індустріалізації, основою якої виступають «розумні» (смарт) виробництва, що базуються на використанні найсучасніших діджитал-інструментів на всіх етапах життєвого циклу металопродукції - від видобутку сировини до її утилізації, результатом чого має стати не тільки підвищення ефективності діяльності металургійних підприємств, але і забезпечення сталого розвитку сталеливарної промисловості з акцентом на зростанні її екологізації, ресурсоефективності та соціальній захищеності працівників.

У роботах вітчизняних дослідників досить ґрунтовно висвітлено стан і тенденції розвитку світового металоринку, особливості місця України на ньому, відображено техніко-технологічний аспект і загальні проблеми галузевої діяльності, розглянуто питання необхідності та напрямів промислової політики у металургії, приділено увагу проблемам підвищення енергоефективності металургійних підприємств та їх екологізації тощо.

Водночас в українській науці бракує актуальних досліджень щодо виявлення напрямів стратегічних перетворень у галузі в умовах швидкого розвитку новітніх технологій, точок дотику, «вузьких» місць та стримуючих факторів розбудови металургійної промисловості майбутнього.

У зв'язку з вищезазначеним доцільним є визначення передумов, проблем, особливостей та наслідків розвитку смарт-металургії в Україні в умовах системної кризи діяльності галузі з урахуванням можливостей використання провідного світового досвіду впровадження «розумних» рішень і технологій у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств, що становить *мету* даної науково-аналітичної доповіді.

Відповідно до мети *основними завданнями* є: виявлення провідних тенденцій і викликів розвитку світової металургії; систематизація особливостей та наслідків становлення металургійних смарт-виробництв у світі;

дослідження відмінностей упровадження «розумних» технологій і рішень у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності зарубіжних металургійних підприємств;

аналіз передумов та проблем смартизації галузі в Україні;

визначення ключових особливостей розвитку української смарт- металургії.

Оскільки трансформації, які відбуваються в сучасному світі, лише нещодавно (з історичної точки зору) почали значною мірою впливати на діяльність бізнесу, органів державної влади, науки й освіти, уся різноманітність досліджень щодо опису цих перетворень на сьогоднішній день характеризується відсутністю єдиного понятійного апарату, що може ускладнити трактування інформації. Наразі використовуються такі основні поняття: цифровізація (Digitalization), Індустрія 4.0 (Industry 4.0), смарт-виробництво (Smart Manufacturing), четверта промислова революція (Fourth Industrial Revolution).

На думку К. Шваба, термін «Індустрія 4.0» «... народився у 2011 році на Ганноверському ярмарку і був призначений для позначення процесу кардинального перетворення глобальних ланцюжків створення вартості. Поширюючи технологію «розумних заводів», четверта промислова революція створює світ, у якому віртуальні та фізичні системи виробництва гнучко взаємодіють між собою на глобальному рівні. Це забезпечує повну адаптацію продуктів і створення нових операційних моделей. Однак четверта промислова революція пов'язана не тільки з «розумними» і взаємопов'язаними машинами і системами. Її спектр дії значно ширший. Одночасно виникають хвилі подальших проривів у найрізноманітніших галузях: від розшифрування інформації, записаної в людських генах, до нанотехнологій, від поновлюваних енергоресурсів до квантових обчислень». Проте у дослідженнях, що мають більш прикладний характер, поняття «Індустрія 4.0» та «четверта промислова революція» часто ототожнюються. Термін «смарт-виробництво», який Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST) визначається як «повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, здатні в режимі реального часу

реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів», за своїм змістом дуже близький до характеристик Індустрії 4.0. З метою виключення різночитань поняття «смарт-виробництво», «Індустрія 4.0» та «четверта промислова революція» (4ПР) використовуватимуться як тотожні, тоді як «цифровізація» розумітиметься лише як необхідна передумова становлення 4ПР, оскільки «Індустрія 4.0 набагато більше, ніж діджиталізація, це більше парадигма/філософія, ніж технологія».

Світовий досвід розвитку та впровадження «розумних» виробництв у металургійній промисловості досліджено на прикладі найбільших країн-металовиробників, які, згідно з 2019 Bloomberg Innovation Index, є лідерами з розвитку та використання смарт-технологій, і найбільше підготовлені до четвертої промислової революції. До таких держав належать Південна Корея, Японія, країни ЄС, США, Китай, а також Індія, Мексика, Туреччина, Гонконг.

Інформаційну базу роботи становлять статистичні й аналітичні дані Світової організації виробників сталі (World Steel Association - Worldsteel), Комітету зі сталі ОЕСР (OECD Steel Committee), Глобального форуму з надлишкових сталеплавильних потужностей (Global Forum on Steel Excess Capacity - GFSEC), Всесвітнього економічного форуму (World Economic Forum), Глобального інституту McKinsey (McKinsey Global Institute - MGI), Державної служби статистики України, нормативних актів України.

Метою викладання дисципліни «Розвиток металургійної смарт-промисловості» є необхідность визначення для здобувачів проблем, особливостей і наслідків стратегічних перетворень у металургійній промисловості України в контексті сучасних глобальних техніко-технологічних і соціально-економічних трансформацій під впливом постійного вдосконалення та всеохоплюючого впровадження «розумних» рішень і технологій.

Основними **завданнями** дисципліни є:

- виявлення провідних тенденцій і викликів розвитку світової металургії; систематизація особливостей та наслідків становлення металургійних смарт-виробництв у світі;
- дослідження відмінностей упровадження «розумних» технологій і рішень у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності зарубіжних металургійних підприємств;
- аналіз передумов та проблем смартизації галузі в Україні;
- визначення ключових особливостей розвитку української смарт- металургії.

Розділ 1
ОСОБЛИВОСТІ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В СУЧАСНОМУ СВІТІ ТА ЇЇ РОЛЬ У МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Ключовими характеристиками світової економіки після глобальної фінансової кризи 2008-2009 рр. є «смарт (розумне)-зростання» (англ. smart growth), яке базується на знаннях й інноваціях, та його провідна ланка - «смарт (розумна)-промисловість« (англ. smart industry).

Особлива роль промисловості в сучасному світі зумовлена, по-перше, тим, що вона підвищує продуктивність суспільної праці, створює нові робочі місця і можливості одержання доходів, що, у свою чергу, сприяє досягненню цілей людського розвитку, розв'язанню багатьох соціальних проблем (включаючи забезпечення тендерної рівності та створення гідної зайнятості для молоді); по-друге, принципово новими можливостями, які відкриває перед людством сучасна промислова революція, відома також під назвою «Індустрія 4.0».

Термін «Індустрія 4.0» було введено в науковий обіг у 2011 р. за ініціативою німецьких бізнесменів, учених і політиків, спрямованою на підтримання позицій Німеччини як світового промислового центру, і тому досить часто використовується у німецькомовному середовищі (нім. Industrie 4.0) [103]. Цифра «4» характеризує четвертий щабель (або стадію) індустріалізації. Звичайно вважається, що перша промислова революція (перший щабель індустріалізації) знаменувала собою механізацію виробництва, друга - електрифікацію та масове виробництво, третя - його автоматизацію і комп'ютеризацію. І, нарешті, четверта промислова революція передбачає перехід до орієнтованого на споживача виробництва на основі кіберфізичних систем (рис. 1.1).

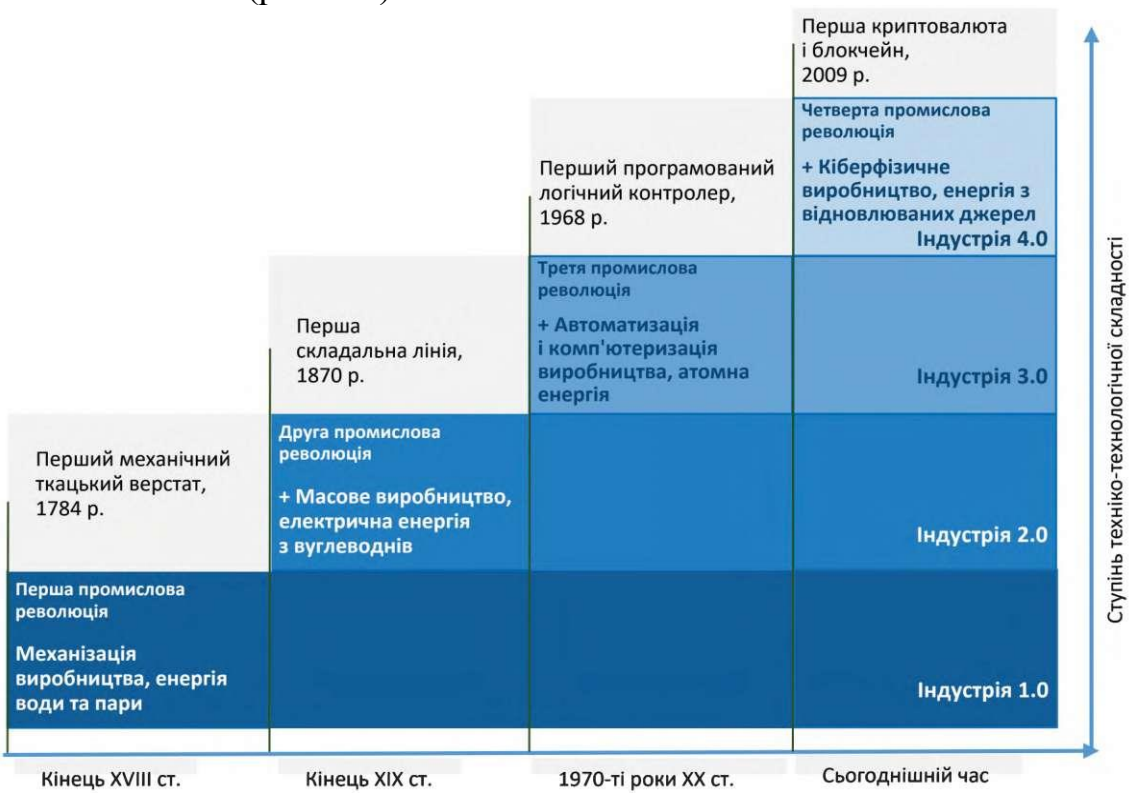


Рисунок 1.1 – Основні характеристики промислових революцій

Крім того, як зазначають фахівці, цей щабель характеризується злиттям технологій із «розмиванням» меж між фізичними, цифровими і біологічними сферами.

В англомовному середовищі використовуються також терміни «промисловий інтернет» (англ. Industrial Internet), «промисловий інтернет речей» (англ. Industrial Internet of Things, IIoT) і «смарт-промисловість» (англ. Smart Industry).

У техніко-технологічному відношенні смарт-промисловість інтегрує досягнення у сфері фізичних пристроїв з досягненнями у сфері інформаційно-комунікаційних технологій (англ. Information and Communications Technologies, ЮТ), результатом чого є формування кіберфізичних виробничих систем - взаємодіючих інтелектуальних мереж фізичних компонентів (машин, устаткування, датчиків, актуаторів) і обчислювальних алгоритмів.

Первинна ланка смарт-промисловості - смарт-підприємство - характеризується можливістю за допомогою ИоТ відстежувати і контролювати функціонування знарядь виробництва і виробничий персонал, а також використовувати дані, що збираються, для підвищення продуктивності праці, удосконалення технологічних процесів і якості продукції (рис. 1.2).

Рисунок 1.2 – Типова схема смарт-заводу на базі IIoT

Смарт-підприємство може розглядатися з точки зору взаємодії апаратних засобів, первинних даних, програмного забезпечення, штучного і людського інтелекту. Дані, отримані за допомогою датчиків, лог-файлів і пошукових роботів від фізичних пристроїв і комп'ютерних мереж, збираються, передаються, попередньо опрацьовуються, зберігаються, візу авізуються, аналізуються і застосовуються висококваліфікованим персоналом для моделювання та подальшого вдосконалення промислових продуктів і виробничих процесів (рис. 1.3).

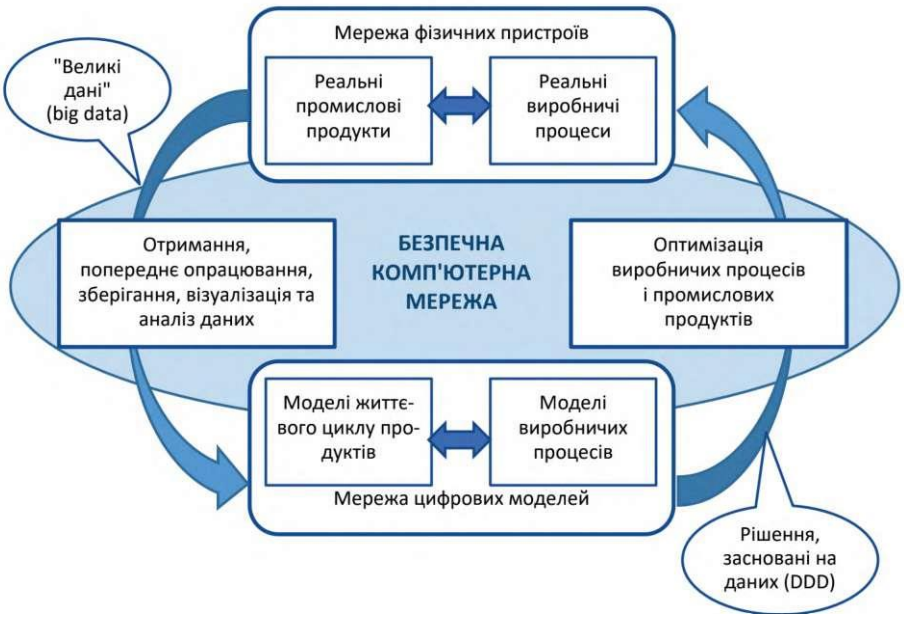


Рисунок 1.3 – Смарт-підприємство як взаємодія реальних предметів та їх цифрових аналогів

Практична реалізація такої взаємодії пов'язана з опрацюванням у режимі реального часу великих обсягів інформації - так званих «великих даних» (англ. big data), які являють собою нове покоління технологій і архітектур, призначених для одержання економічної вигоди від дуже великих обсягів широкого спектра інформації, за допомогою її високошвидкісного захоплення, пошуку та/або аналізу. Наведене визначення описує чотири відмітні особливості великих даних – «4Vs»: обсяг (англ. volume), різноманіття (англ. variety), швидкість (англ. velocity) і вартість (англ. value), які широко використовуються для їх змістовної характеристики. При цьому обсяги генерованих і накопичуваних у світі даних зростають за експонентою: у 1970-1980-х рр. - від кілобайтів (2^{10} байтів) і мегабайтів (2^{10}-2^{10} байтів) до гігабайтів (2^{10}-2^{10}-2^{10} байтів), у 1980-1990-х - від гігабайтів до терабайтів (2^{10}-2^{10}-2^{10}-2^{10} байтів), у 1990-2000-х - від терабайтів до петабайтів (2^{10}-2^{10}-2^{10}-2^{10}-2^{10} байтів), у наш час - від петабайтів до ексабайтів (2ю-2^{10}-2^{10}-2^{10}-2^{10}-2^{10} байтів). У контексті досліджуваної проблеми важливо підкреслити, що з усіх секторів економіки найбільші обсяги даних припадають саме на обробну промисловість (англ. manufacturing) – близько 10 ексабайтів (2010 р.).

Для розуміння всіх цих даних використовується інструментарій просунутої аналітики (англ. advanced analysis) - інтелектуальний аналіз, предиктивна аналітика, об'єктно орієнтований аналіз, скоринг у режимі реального часу, прогнозне моделювання, оптимізація та ін. Заводські менеджери можуть використовувати просунуту аналітику для глибокого занурення в історичні дані про виробничі процеси, яке дозволяє виявляти та оптимізувати фактори, що справляють найбільший вплив на кінцеві результати. У багатьох глобальних товаровиробників у широкому діапазоні галузей промисловості та географічних місць розташування вже є велика кількість первинних виробничих і ринкових даних, отримуваних у режимі реального часу. Використовуючи інтеграцію та аналіз таких раніше ізольованих масивів (у тому числі слабо-структурованих і неструктурованих), вони мають можливість генерувати нові важливі ідеї [7]. Уся отримана інформація використовується для прийняття рішень, побудованих на даних (англ. data-driven decision making, DDD), як у сфері

поточних управлінських впливів, так і в стратегічному управлінні різноманітними промисловими системами [59, p. 9]. Такі рішення дозволили, наприклад, фірмам «Toyota», «Fiat» і «Nissan» скоротити час для розробки нових моделей автомобілів на 30-50% [9].

* ERP (Enterprise resource planning systems) - системи планування ресурсів підприємства;
** CRM (Customer Relationship Management systems) - системи управління взаємовідносинами з клієнтами.

Рисунок 1.4 – Смарт-промисловість як мережа смарт-підприємств, об'єднаних ІСТ

Проте смарт-промисловість - це набагато більше, ніж відособлені підприємства і продукти, які на них створюються. У системі смарт-промисловості заводи взаємозв'язані з дослідниками, розробниками, постачальниками, дистриб'юторами, споживачами та ін. через інформаційно-комунікаційні технології (ІСТ) (мобільний інтернет, інтернет речей, хмарні технології). Завдяки цьому формуються глобальні цифрові платформи для поліпшення координації та підвищення активності участі всіх партнерів як в окремих ланцюгах, так і в цілих мережах створення вартості (рис. 1.4).

Головна ідея, яка стоїть за всіма цими мережевими взаємодіями, полягає в тому, що опрацювання й аналіз детальних даних, отримуваних за допомогою ІСТ у режимі реального часу про стан будь-якого процесу або продукту - від замовлення і до споживання готової продукції, дозволяють забезпечити гнучкість виробництва у відповідь на зміни і виклики зовнішнього середовища. Усе це, у свою чергу, позначається на визначенні перспектив й ефективності функціонування смарт-промисловості у світі.

На сьогоднішній день ситуація виглядає так, що завдяки новим можливостям цифрової трансформації технічної та економічної сфер, які відкриває смарт-промисловість, заснована на поєднанні фізичних і кібернетичних систем, вона відіграватиме провідну роль у модернізації світового виробничого потенціалу: за оцінками фахівців McKinsey&Co, менш ніж за десять років (до 2025 р.) технологіями IoT буде охоплено від 80 до 100% світової обробної промисловості.

Контрольні питання

1. Дайте характеристику поняття «Старт-промисловість».

2. Дайте характеристику поняттю «індустрія 4.0».
3. Основні характеристики промислових революцій.
4. Причини зростання світових обсягів металовиробництва на початку 21 ст.
5. Зміна географічної структури виробництва та споживання металопродукції на початку 21 ст.
6. Обґрунтуйте підвищення спроможності металургійної галузі до генерації та впровадження інновацій в сучасних умовах.
7. Охарактеризуйте циркулярну економіку на основі 4R-підходу.

Розділ 2
ПОТЕНЦІАЛ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ ТА НАПРЯМИ ЇЇ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

2.1. Перспективні сфери та потенційна ефективність використання технологій смарт-промисловості

Розумність, інтелектуальність нової промисловості забезпечують цифрові технології індустріального інтернету речей (IIoT). При цьому очевидно, що сучасні кіберфізичні системи здатні проникнути майже в усі сфери людської діяльності. Але навіть із суто фізичних причин вони будуть чинити й уже чинять найбільший вплив на ті сфери економічної діяльності, які краще пристосовані за своїми техніко-технологічними характеристиками до нового - цифрового - етапу автоматизації виробництва й організації управління. Це, насамперед, ті сфери, де широко використовуються спеціалізовані стандартизовані виробничі процеси і продукти (автомобільне та інші види машинобудування, харчова промисловість, хімія, металургія та ін.). Також значний потенціал мають галузі, виробниче середовище яких характеризується високою складністю і варіабельністю технологічних процесів (фармацевтика, хімія, добувна промисловість), а отже, є можливості ефективного використання великих даних для їх удосконалення.

За оцінками фахівців McKinsey Global Institute, потенційний економічний ефект від використання технологій інтернету речей, включаючи споживчий надлишок, у 2025 р. може скласти у світі від 3,9 до 11,1 трлн дол. США, при цьому його найбільша частка (від 1,2 до 11,1 трлн дол. США) припаде на добре структуровану виробничу сферу factories (англ.) - підприємств, заснованих на використанні машин. Саме в цій сфері, яка характеризується спеціалізацією та стандартизацією виробничого середовища, найбільший економічний потенціал мають такі напрями діяльності, як оптимізація технологічних операцій (англ. operations optimization) (очікуваний ефект - від 0,63 до 1,77 трлн дол. США, зниження витрат на 5-12,5%) технічне обслуговування за фактичним станом об'єкта (англ. predictive maintenance) (ефект - від 0,24 до 0,63 трлн дол. США, економія витрат на 10-40%) та оптимізація запасів (англ. inventory optimization) (ефект - від 0,98 до 0,34 трлн дол. США, зниження витрат на 20-50%).

Джерело таких ефектів - нові можливості економії, обумовлені інтеграцією та комплексним управлінням машин і устаткування, обладнаних сенсорами й актуаторами та об'єднаних через інтернет речей. Наприклад, у сфері технологічних операцій завдяки IIoT «... виробники можуть отримувати всеосяжне уявлення про те, що відбувається в кожній точці виробничого процесу, і вносити зміни в режимі реального часу для забезпечення безперебійного потоку готової продукції та уникнення дефектів. Це дає їм змогу переглядати, як завершується уже запущений процес, і «розширювати« вузькі місця в режимі реального часу. Це також зменшує можливість людських помилок. Наприклад, General Motors використовує датчики для контролю вологості, щоб оптимізувати процес фарбування; якщо умови є несприятливими, то заготівка направляється в іншу частину заводу, тим самим знижуючи витрати перефарбовування і максимізуючи час безвідмовної роботи обладнання.

Аналогічним чином, у лакофарбовому цеху Hariey швидкість роботи вентилятора автоматично регулюється для різних умов, щоб забезпечити акуратне і стійке покриття«.

Проте ефекти смарт-виробництва не обмежуються тільки сферами оптимізації виробничих операцій, обладнання і запасів. Розумне виробництво може демонструвати також високі результати, необхідні для окупності високих затрат на створення, експлуатацію і забезпечення безпеки IoT завдяки:

1) кращому врахуванню запитів споживачів, які ставлять дедалі вищі вимоги до якості продукції, їх активної участі в дизайні та проектуванні товарів, переходу у зв'язку з цим від масового виробництва до індивідуалізованого (за індивідуальними замовленнями) із застосуванням смарт-систем управління взаємовідносинами з клієнтами;

2) гнучкості високоспеціалізованого автоматизованого (з мінімальним втручанням людського фактора) виробництва, побудованого за децентралізованим модульним принципом й адаптованого до швидкого переналагодження на випуск саме тієї продукції, якої нині потребує споживач;

3) використанню високого потенціалу STEM-персоналу, який здатен до творчого виконання функцій підтримання, контролю та подальшого вдосконалення виробничих кіберфізичних систем, маючи, крім технічних навичок, важливі нетехнічні компетенції (знання англійської мови, навички проектного менеджменту, вміння працювати в команді та ін.).

4) застосуванню авангардних (підривних) виробничих технологій і матеріалів, здатних у таких умовах (індивідуалізації та виробничої гнучкості) забезпечити отримання високих результатів (наприклад, передової робототехніки, 3Д-друку, металів із заданими властивостями та з ефектом пам'яті, п'єзокристалів, наноматеріалів та ін.).

Проте, як зазначено вище, смарт-промисловість - це не просто окремі «розумні« підприємства і продукти, які на них створюються, а глобальні цифрові платформи, що об'єднують виробничі підрозділи з дослідниками, розробниками, постачальниками, дистриб'юторами, споживачами та ін. У зв'язку з цим інформація, генерована в рамках інтелектуального мережеорієнтованого підходу (англ. network-centric approach), який приходить на зміну лінійним взаємодіям, стає додатковим джерелом створення вартості, оскільки дозволяє:

- проектувати і випускати саме те, що потрібно, - за технічними характеристиками (специфікацією, якістю, дизайном), обсягом (скільки необхідно), строками (коли необхідно), ресурсною ефективністю (з якими затратами необхідно);
- інтенсифікувати технологічні та продуктові інновації за рахунок отримання нових сполучень раніше роз'єднаних даних про зовнішнє оточення та краще розуміння виробничих процесів, можливостей постачальників і запитів споживачів.

Високий потенціал смарт-промисловості як мережі смарт-підприємств, об'єднаних ІСТ, підтверджується практикою ряду відомих підприємств, наприклад, «Apple», «Intel», «Samsung», «ExxonMobil», «Procter and Gamble», «Tata Motors Ltd», «Shougang Steel» та ін. При цьому, згідно з оцінками фахівців, найбільші вікна можливостей відкриваються для скорочення часу науково-виробничого циклу (від

розробки нової продукції до її проходження на ринки) (на 20-50%), зменшення простоїв устаткування (на 30-50%), зниження затрат на його технічне обслуговування (на 10-40%) і витрат на утримання матеріально-технічних запасів (на 20-50%), підвищення продуктивності праці за допомогою автоматизації її розумової складової (на 45-55%) та ін.

У цілому перспективи світової смарт-промисловості є багатообіцяючими. Глобальний ефект від застосування інтернету речей в обробній промисловості в діапазоні від 0,9 до 2,3 трлн дол. у 2025 р. До цього часу технологіями IIoT буде охоплено від 80 до 100% світової обробної промисловості, а зумовлене цим зниження операційних витрат може скласти 2,5-5%.

За оцінками фахівців «General Electric Co.», поширення мереж промислового інтернету у світі до 2030 р. може додати до світового ВВП близько 15 трлн дол. (у постійних цінах 2005 р.). Інакше кажучи, дифузія смарт-промисловості у світі, пов'язана з більш високими темпами зростання продуктивності праці, може згенерувати додатковий ВВП, еквівалентний за розміром сьогоднішній економіці США. Відповідно, зростуть і середні доходи на душу населення, тобто до 2030 р. вони будуть майже на 1/5 вищими, ніж при базовому сценарії без урахування промислового інтернету.

Однак очевидно, що такі далекосяжні глобальні оцінки ефективності смарт-промисловості є досить приблизними. Більш коректними можна вважати розрахунки, що спираються на практичний досвід розвитку сучасної промисловості, який накопичено, наприклад, у Німеччині. Так, найближчі 5-10 років використання технологій «Індустрії 4.0» дозволить підвищити продуктивність в усіх виробничих секторах промисловості Німеччини на 5-8% (рис. 2.1). При цьому потенціал зростання продуктивності оцінюється вищим, наприклад, у виробників промислового обладнання, і меншим - в автомобільних компаній.

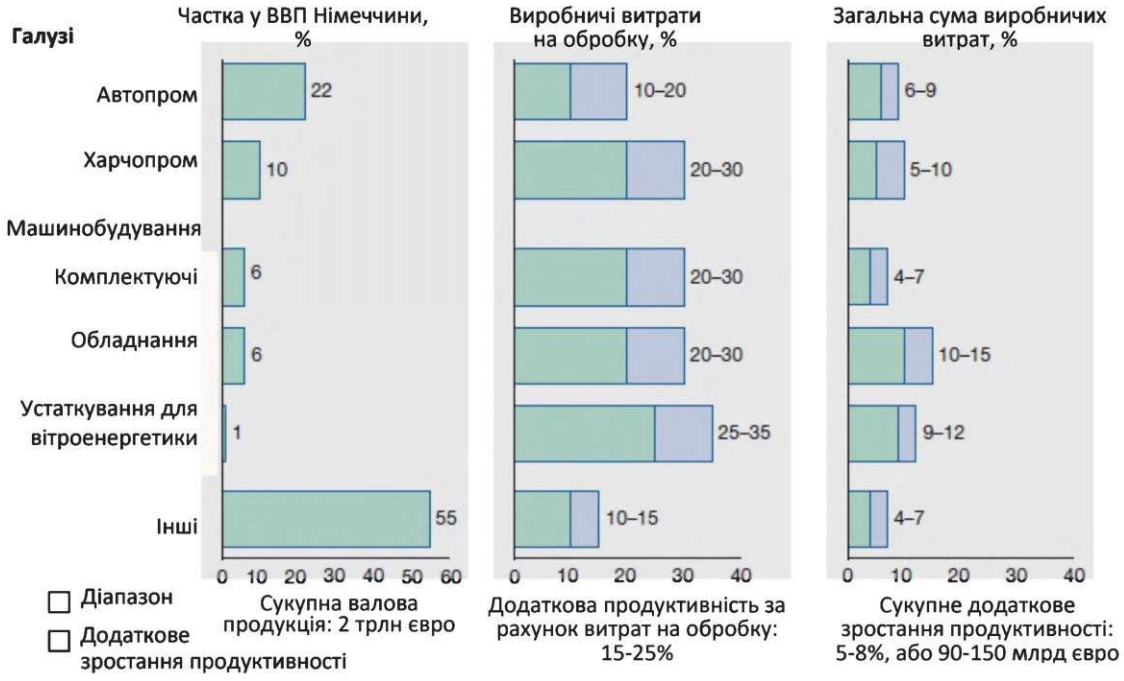


Рисунок 2.1 – Індустрія 4.0 у Німеччині: потенціал зростання продуктивності в галузях обробної промисловості

Було також виявлено, що збільшення, яке стимулює Індустрія 4.0, «... приведе до 6-відсоткового зростання зайнятості протягом найближчих десяти років, а попит на працівників машинобудівного сектору може зрости ще більше - на цілих 10% за той самий період.

Тим не менш потрібні інші навички. У короткостроковій перспективі тенденція до більшої автоматизації буде витісняти працівників із низькою кваліфікацією, які виконують прості, повторювані завдання.

У той же час усе більш широке використання програмного забезпечення, зв'язності та аналітики буде збільшувати попит на співробітників, які мають компетенції у сфері розробки програмного забезпечення та IT-технологій, наприклад фахівців із мехатроніки з навичками розробки програмного забезпечення (мехатроніка - сфера техніки, що включає кілька інженерних дисциплін)».

Нарешті, важливо враховувати те, що ефекти від розвитку й упровадження смарт-технологій можуть бути не тільки соціально-економічними, а й екологічними. Зазвичай громадськість та уряди зосереджують увагу на негативних для навколишнього середовища наслідках використання ІСТ, на яких побудовано кіберфізичні системи, у зв'язку з виробництвом, експлуатацією і подальшою утилізацією відповідного обладнання й устаткування. Широкий спектр сучасних екологічних стратегій ІСТ-сектору дозволяє зменшити глобальну емісію CO_{2e} (еквівалента CO_2) в обсягах, які в сім разів перевищують його власну емісію. За іншими оцінками від «Global e-Sustainability Initiative« (GeSI), які стосуються уже безпосередньо смарт-промисловості, до 2030 р. вона здатна забезпечити скорочення глобальної емісії CO_{2e} в обсязі 2,7 Гт. Крім того, інтелектуальні рішення, що забезпечують підвищення ефективності виробничих процесів, мають потенціал економії електроенергії у 4,2 млрд МВт·тод. і води - понад 80 млрд л.

Зрозуміло, що на практиці реалізувати всі ці можливості буде дуже непросто - тим більше, що вихідна ситуація далеко не завжди відповідає високим очікуванням. Так, до 10% її клієнтів усе ще витрачають половину робочого дня на пошуки необхідного устаткування і виробів, 40% - не мають даних про виробничі процеси в режимі реального часу, а 50% - не встигають стежити за змінами під час цих процесів. У сьогоднішніх реаліях навіть у такій просунутій галузі промисловості, як автомобільна, IoT ще не дістав повного впровадження, а існує у вигляді окремих «кіберфізичних островів». У ЄС в обробній промисловості тільки у менш ніж 20% підприємств індекс цифрової інтенсивності (англ. digital intensity index, DII) є високим і дуже високим.

Така ситуація зумовлена в тому числі наявними бар'єрами на шляху розвитку смарт-промисловості та пов'язаними з її розвитком ризиками.

2.2 Бар'єри та ризики розвитку смарт-промисловості

Численні бар'єри, які виникають на шляху розвитку смарт-промисловості, можна об'єднати у три групи: технічні, соціально-економічні та інституційні.

Технічні бар'єри створюються проблемами з комп'ютерними мережами, їх сумісністю та безпечністю. Нині бездротові мережі не застосовуються широко у критично важливих додатках, оскільки є ще недостатньо надійними, а дротові мережі є недешевими. У багатьох заводів просто відсутня інфраструктура, необхідна для розповсюдження даних усередині підприємства, не кажучи вже про їх

розповсюдження між заводами і постачальниками на глобальній основі. Безперервний потік даних між машинами і віддаленими комп'ютерними системами в рамках IIoT потребує далеких ліній зв'язку з високою пропускною здатністю. Водночас у багатьох випадках, особливо у країнах, що розвиваються, заводи розташовані за сотні кілометрів від великих міст із розвинутою телекомунікаційною інфраструктурою.

Для повного розкриття потенціалу промислового інтернету важливо забезпечити розв'язання проблем сумісності відповідних пристроїв і систем за допомогою розробки відкритих стандартів, а також упровадження комп'ютерних платформ, на базі яких різні системи IIoT можуть взаємодіяти. Як відзначають фахівці, без взаємодії кіберфізичних пристроїв і систем не може бути реалізовано близько 40% їх потенційних вигід. Важливою технічною проблемою є також необхідність подальшого збільшення швидкості та зниження вартості передачі даних як на короткі, так і на далекі відстані, їх зберігання й опрацювання, а також поліпшення технічних характеристик і зменшення вартості необхідних для IIoT пристроїв: датчиків, мікро- електромеханічних систем, засобів радіочастотної ідентифікації, джерел живлення для сенсорів та ін.

Соціально-економічні бар'єри на шляху розвитку смарт-промисловості насамперед пов'язані з людським капіталом. Як зазначено вище, смарт-промисловість потребує висококваліфікованого персоналу. У 2025 р. дефіцит працівників із вищою освітою у світі може становити 38-40 млн осіб, або 18% від потреб роботодавців. Багато в чому це зумовлено швидким старінням робочої сили, особливо в Європі, Японії та Китаї. А у США близько 8% членів Національної асоціації промисловців уже повідомляють про проблеми із заповненням робочих місць, які залишаються після звільнення пенсіонерів. Однак їх треба не просто заповнити. Смарт-промисловість потребує нових компетенцій і нової системи підготовки кадрів (безперервного навчання, сертифікації) для ринку цифрових вакансій (конструкторів робототехніки, менеджерів з модернізації комп'ютерних мереж, інженерів систем безпеки цих мереж, спеціалістів з великих даних, просунутої аналітики та ін.). Створити і розвивати такі системи дуже непросто, і далеко не всі країни світу мають можливості для вирішення цього стратегічного завдання.

Проблеми виникають також із значними витратами на придбання, накопичення та реновацію необхідного фізичного й особливо цифрового капіталу (цифрових матеріальних і нематеріальних активів), який відповідає техніко-технологічним вимогам промислового інтернету. Це, у свою чергу, обумовлює проблеми з фінансуванням проектів «смартизації» виробництва в комплексі зі «смартизацією» дослідників, розробників, постачальників, дистриб'юторів, споживачів, з урахуванням вимоги забезпечення належного зростання продуктивності праці та окупності інвестицій (return on investment, ROI). Особливо серйозним це питання є для країн, що розвиваються, в яких суб'єкти господарювання зазвичай не мають таких широких можливостей залучення інвестицій, як їх конкуренти з розвинених країн. Очевидно, що там, де висока заробітна плата, «... інвестиції в розмірі від 200 до 300 доларів на рік для оснащення працівників обладнанням із доповненою реальністю для підвищення продуктивності не стануть суттєвим бар'єром, але вони є значною перешкодою для багатьох країн, що розвиваються».

Інституційні бар'єри для розвитку смарт-промисловості створюють стійкі організаційні рутини (історично сформовані патерни поведінки груп індивідів), які

складають колективну пам'ять підприємства та знижують витрати прийняття рішень у звичайних умовах. Проблема полягає в тому, що у виробничих процесах, здійснюваних інтелектом і DDD, фахівці з ІСТ повинні виконувати центральну, провідну роль за всіма напрямами управління, яке тепер пов'язане з інформацією від фізичних пристроїв, розташованих «на підлозі«. Цей принцип у багатьох менеджерів різних рівнів викликає явний когнітивний дисонанс і потребує перегляду усталених поведінкових патернів, зумовленого новим баченням ІСТ-інфраструктури не просто як інкрементального доповнення до вже існуючих систем управління, а як стратегічної інвестиції.

У ширшому контексті смарт-промисловість може стикатися з перешкодою у вигляді загалом несприятливого інституційного середовища, екстрактивних політичних й економічних інститутів (англ. extractive political institutions, extractive economic institutions), що пристосовують економічний устрій суспільства під цілі збагачення вузької групи владних еліт за рахунок усіх інших і зміцнення їх влади на базі набутих економічних переваг.

Нові бізнес-моделі потребують перманентних інновацій у сфері товарів і послуг. Оскільки мережеорієнтовані виробництва відкривають широкі перспективи та потік інформації збільшується до безпрецедентного рівня, нові можливості виникатимуть і в майбутньому. Конкуренція на світовому ринку потребує постійних інновацій і передбачення цих можливостей. Звідси проблеми в тих країнах і регіонах світу, де рівень національних інвестицій у НДДКР залишається низьким, де є серйозні питання щодо захисту прав власності, примусу до виконання контрактів, корупції та ін., а господарюючі суб'єкти змушені керуватися «короткими правилами« й обирати рентоорієнтовану поведінку, а не інноваційну.

Подібні інституційні перешкоди можуть виникати і на рівні міжнародних економічних відносин. В основі успіху IIoT - свобода глобального збору та передачі великих даних. Для забезпечення ефективності DDD необхідним є вихід за межі держави. Але це явно суперечить інститутам економічної політики, що забезпечують вирощування національних чемпіонів, коли пріоритету набувають рішення, обумовлені не техніко-економічними даними, а національними інтересами (англ. Politically Driven Decision, PDD). Проблема полягає в тому, що прийняття DDD у глобальному контексті може суперечити національно зумовленим PDD. Навіть у США, з їх потужною економікою, виникли проблеми у світі глобалізованої індустрії, і тепер вони змушені коригувати свою економічну політику в контексті промислового решорингу і більш жорсткого захисту національних інтересів. Один із можливих шляхів розв'язання цієї проблеми є перехід від відкритості IIoT у системі ненадійних глобальних зв'язків, які зазнають сильного впливу політики, до взаємовигідного співробітництва та відкритості в системі регіональних, дво- і багатосторонніх економічних відносин, де політичний фактор можна поставити під контроль.

Подолання вказаних бар'єрів сприятиме прискоренню поширення смарт-промисловості у світі. Проте ці процеси відкривають не тільки нові можливості, але і створюють нові ризики, які загрожують небажаними втратами при певному несприятливому збігу обставин.

Серед таких ризиків передусім слід виділити *загострення проблем зайнятості та нерівності* через зростання відносної важливості високооплачуваної кваліфікованої праці при одночасному заміщенні рутинної праці машинами, яка буде змушена прийняти на себе основний удар змін. Зниження відносних цін

інвестиційних товарів, пов'язане з досягненнями у сфері інформаційних технологій і комп'ютеризації, уже стимулювало фірми до переходу від праці до капіталу. З урахуванням цього за останні десятиліття (порівняно з початком 80-х років XX ст.) у значній більшості країн і галузей індустрії спостерігалося зменшення частки праці в корпоративній доданій вартості загалом і відповідно підвищення частки капіталу.

Останні досягнення у сфері робототехніки, штучного інтелекту і машинного навчання знаменують собою настання нової ери автоматизації, оскільки багато машин уже відповідають можливостям людини або навіть перевершують їх у різних видах робіт (у тому числі тих, які потребують когнітивних здібностей). Виконаний «McKinsey Global Institute« аналіз понад 2000 спеціальностей у рамках 800 різних професій свідчить, що близько половини відповідної праці може бути замінено на машини на основі застосування вже відомих технологій. Проте це не обов'язково приведе до зростання глобального безробіття. Навпаки, «світовій економіці насправді буде потрібний кожний ерг людської праці на доповнення до роботів для того, щоб подолати тенденції до демографічного старіння як у розвинутих країнах, так і у країнах, що розвиваються».

Хоча, звичайно, характер праці повинен буде істотно змінитись, і переваги, очевидно, будуть на боці творчого STEM (англ. Science, Technology, Engineering, Math) персоналу, здатного розробляти, освоювати й обслуговувати нові технології.

Ризики безпеки, конфіденційності й інтелектуальної власності Комп'ютерна інтеграція виробничих процесів, поєднання виробників із дослідниками, розробниками, постачальниками, дистриб'юторами та споживачами через інтернет потребує отримання, зберігання й опрацювання інформації від мільярдів взаємопов'язаних пристроїв, що об'єктивно створює широке поле для зростання різного роду правопорушень і злочинів. У зв'язку з цим для підприємств загострюються проблеми із запобіганням витоку і підтриманням цілісності їх даних, захистом прав інтелектуальної власності, для людей - із недоторканністю приватного життя, захистом особистої та сімейної таємниць, використанням великих даних для маніпулювання їх поведінкою, а для суспільства в цілому - зі згортанням демократії.

Очевидно, що кіберфізичні системи мають одержати високий рівень безпеки ще перед тим, як вони перейдуть на стадію широкого практичного застосування. Особливо це стосується потенційно небезпечних виробництв і техніки, експлуатація яких може призвести до техногенних катастроф (вибухів і витоків токсичних речовин на заводах хімічної та харчової промисловості, проривів на трубопроводах, пошкоджень електромереж, аварій, які призводять до радіоактивного зараження територій тощо).

Екологічні ризики. Як відзначають фахівці з екологічних проблем, виробництво компонентів ІСТ потребує великих обсягів первинних матеріалів, особливо порівняно з масою кінцевого продукту. Напівпровідникова пам'ять масою 2 г потребує обробки понад 1 кг викопного палива, тобто масою у 500 разів більше. Використання води у виробництві мікросхем пам'яті та процесорів також може мати і обсяги. Вона застосовується для енергоємного охолодження, нагрівання та фільтрації, а так звана «надчиста вода» - для промивання напівпровідникових пластин, хімічної підготовки тощо. Крім того, постійно зростають обсяги електронних відходів, що потребують утилізації (англ. E-Waste).

У цілому для виробництва електронних схем та напівпровідників, що використовуються в комп'ютерних материнських платах та екранах, необхідні великі

обсяги енергії, які призводять до збільшення глобальної емісії CO>2e**.** Це з одного боку, а з іншого - нові технологічні й організаційні можливості, які надає широкомасштабне застосування ІСТ у промисловості, діяльності урядів різних рівнів і повсякденному житті людей, за деякими оцінками може сприяти майже десятикратному скороченню викидів цього газу порівняно з обсягами, які створює сам сектор ІСТ. Тобто викиди CO>2e у глобальному масштабі завдяки використанню ІСТ у 2030 р. можуть скоротитися приблизно на 1/5 порівняно із ситуацією, що спостерігалася у 2015 р.

Геоекономічні ризики. Фундаментальне геоекономічне значення має та обставина, що у зв'язку з поширенням смарт-промисловості та новими вимогами до якості людського капіталу «проблеми співвідношення «праця – капітал» часто сприймаються як проблема «праця - праця«, з претензіями в деяких країнах із розвинутою економікою з приводу того, що країни, які розвиваються, займають їх робочі місця. Це стимулювало неприйняття відкритості торгівлі та заклики до протекціонізму». Як зазначено вище, такі тенденції в економічній політиці, що призводять до посилення напруженості у міждержавних відносинах, дійсно спостерігаються у світі. Хоча не факт, що протекціонізм сприятиме успіху процесів промислового решорингу в розвинуті країни. По-перше, нинішній індустріальний лідер країн, які розвиваються, - Китай - дуже активно розвиває власну сферу НДДКР, що дозволяє йому вже не просто копіювати західні технології, а просувати власні (у тому числі цифрові). По-друге, смарт-промисловість тяжіє до споживача, а головних споживачів (із середнього класу) на ринках, які розвиваються, стає дедалі більше, тобто найближчі десятиліття частка таких країн світу переважатиме за цим показником. По-третє, в місцях розміщення смарт-підприємств мають бути необхідні умови у вигляді відповідної інфраструктури, доступного капіталу та робочої сили відповідної кваліфікації, а розвинуті країни за цими факторами вже не завжди виграють.

2.3 Обґрунтування напрямів розвитку смарт-промисловості в Україні

2.3.1 Напрями розвитку смарт-промисловості в Україні: функціональний аспект

Напрями розвитку промисловості України згідно з принципами «смарт« визначаються, по-перше, її сучасним станом, який залежить від траєкторії минулого розвитку (концепція «path dependence»); по-друге, її готовністю до переходу до розумного цифрового майбутнього.

Щодо траєкторії минулого розвитку промисловості, яка призвела до її сьогоднішнього стану, то тут ситуація зрозуміла і вона вже неодноразово аналізувалася вітчизняними фахівцями. На момент розпаду СРСР та утворення України як незалежної держави, вона являла собою індустріальну державу з багаторічними традиціями успішного розвитку промисловості, а її індустріальний сектор займав лідируючі позиції в економіці. У промисловості було зайнято 7,8 млн осіб - більше, ніж у будь-якому іншому виді діяльності. У 1991 р. випуск продукції державними промисловими підприємствами, розташованими на території України, склав більше 50% загального виробництва товарів і послуг по галузях її економіки та понад 40% валової доданої вартості.

У той час українська промисловість була невід'ємною частиною єдиного народногосподарського комплексу СРСР, який розвивався на плановій основі. Але у

зв'язку з тим, що після розпаду СРСР у РФ та Україні було взято курс на перехід від планової економіки до ринкової, промисловість була змушена пройти через низку інституційних і господарських трансформацій, головними елементами яких стали приватизація державної власності, лібералізація цін на товари та послуги, ліквідація державної монополії на зовнішню торгівлю.

Кінцевим результатом усіх цих процесів стала адаптація індустрії до нових - ринкових - умов господарювання.

І тепер промисловість України представлена в основному підприємствами недержавних форм власності, які випускають продукцію, що користується попитом на зовнішніх і внутрішньому ринках. У той же час обрана Україною модель ринкових трансформацій призвела до появи і закріплення низки негативних тенденцій у промисловості, її критичного відставання від країн із розвиненою індустрією. По суті сталася структурна деградація з поглибленням неефективної спеціалізації на низькотехнологічних ресурсо- та трудомістких виробництвах; фактично було втрачено ряд галузей, насамперед тих, які мають інвестиційне (підвиди машинобудування) і соціальне (легка промисловість) значення. У цілому результатом ринкових реформ у промисловості України стала її масштабна деіндустріалізація (рис. 2.2, 2.3).

Україна, починаючи із середини 90-х років XX ст., вже не є індустріальної державою, адже, на відміну від, наприклад, Німеччини (Європа) і РФ (Євразія), обсяги промислової продукції у розрахунку на душу населения України суттєво відстають від середнього світового рівня і розрив не зменшується, а збільшується.

Усе це, у свою чергу, позначається на готовності її промисловості до розумного майбутнього. Для оцінки такої готовності можна використовувати ряд індикаторів. У контексті розбудови смарт-індустрії серед найбільш важливих можна назвати такі (рис. 2.4).

У сфері технологій:

- глобальний інноваційний індекс - 50 місце із 127 країн (2017 р.);
- рівень технологічної складності виробництва - 39 місце із 122 країн (2016 р.);
- індекс мережевої готовності - 64 місце із 139 країн (2016 р.).

У сфері економіки:

- ВВП на душу населення (за ПКС) - 115 місце із 167 країн (2016 р.);
- видатки на НДЦКР (% ВВП) - 42 місце із 74 країн (2015 р.);
- урядові видатки на освіту (% ВВП) - 22 місце із 127 країн (2015 р.).

У сфері інституційного середовища: якість інститутів - 118 місце із 137 країн (2016 р.); легкість доступу до кредитів - 103 місце із 137 країн (2016 г.); легкість сплати податків (2015 р.) - 84 місце із 189 країн.

Загальний висновок, який можна зробити з наведених даних, полягає, по-перше, в тому, що головними перешкодами на шляху «розумного« розвитку бізнесу в Україні, частиною якого є національна промисловість, виступають дуже низький загальний рівень розвитку вітчизняної економіки, що визначає наявні обсяги фінансово-економічних ресурсів для здійснення смарт-трансформацій, а також у цілому не найкраще інституційне середовище, обумовлене невисокою якістю базових інститутів і середньою якістю тих, що впливають на фінансові можливості розвитку виробництва (доступ до кредитів і легкість сплати податків).

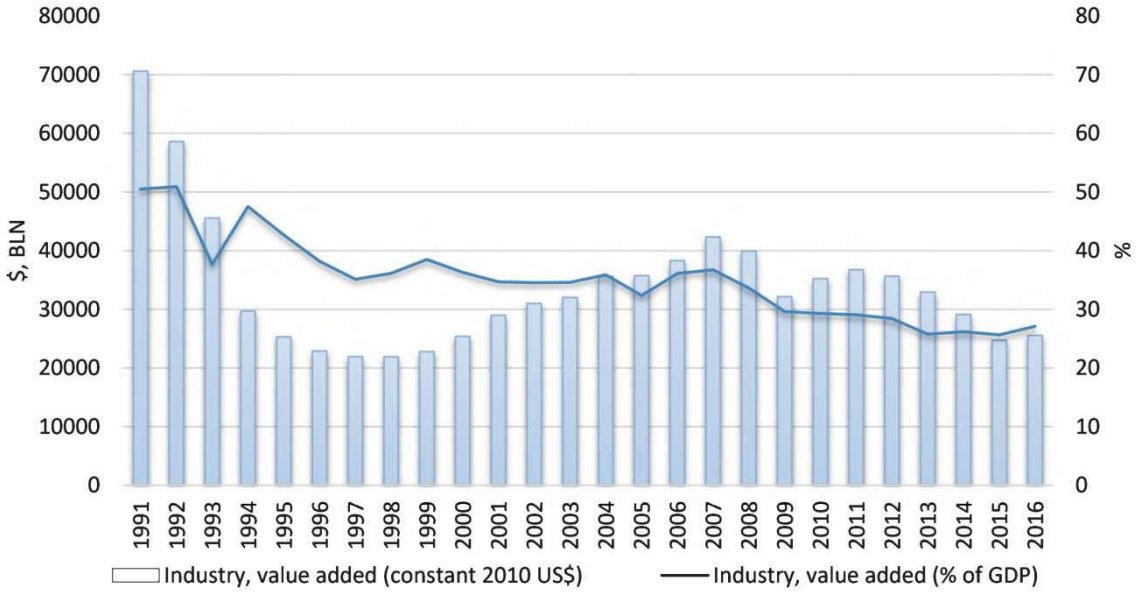


Рисунок 2.2 – Динаміка обсягів промислової продукції в Україні

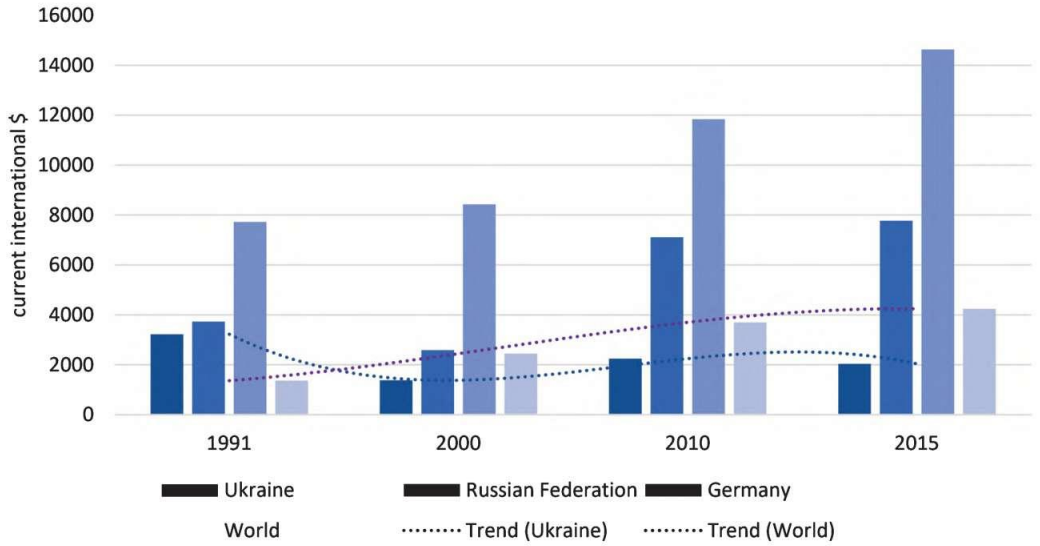


Рисунок 2.3 – Додана промисловістю вартість у розрахунку на душу населення з урахуванням ПКС по окремих країнах світу

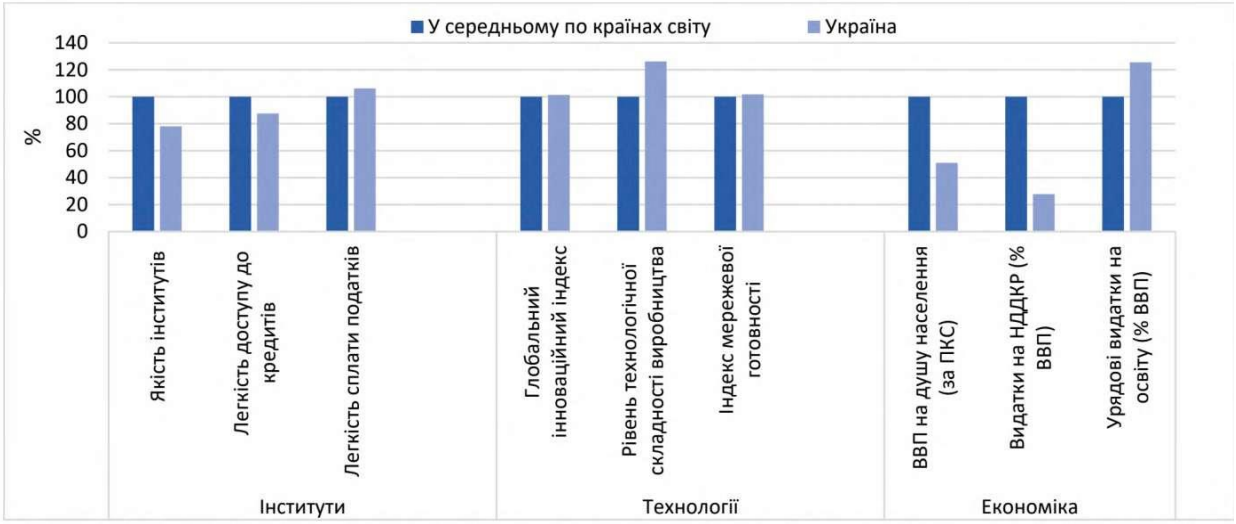


Рисунок 2.4 – Окремі індикатори, що характеризують готовність до смарт-трансформацій промисловості України

По-друге, незважаючи на процеси деіндустріалізації останніх десятиліть, промисловість, принаймні частково, зберігає свій потенціал, що проявляється у відносно хорошому індексі складності виробництва.

По-третє, успішно розвивати вітчизняну індустрію за принципами «смарт« буде дуже непросто, оскільки індекси інноваційності та мережевої готовності є невисокими. Слід відзначити, що Україна має хороші позиції у світі у сфері освіти, але ці здобутки не трансформуються у сферу НДДКР, оскільки обсяги останніх є неприпустимо низькими. Це свідчить про те, що технічний рівень виробництва ґрунтується не на нових вітчизняних науково-технічних досягненнях, а на використанні розробок минулих років і частково - на трансферті зарубіжних технологій, найкращі з яких, як правило, не передають.

Таким чином, доцільно здійснити комплекс заходів у сферах інститутів, технологій та економіки, що сприятимуть прискореному розвитку смарт-промисловості.

Інституційні заходи спрямовані на культивування спеціальних інститутів сприяння «розумним» трансформаціям індустрії.

Перш за все органи влади держави мають продемонструвати власну зацікавленість в інноваційному шляху її розвитку, а не в пошуку ренти та зміцнення влади на базі набутих економічних переваг. Для цього, як уже неодноразово наголошувалося, потрібна цілеспрямована, послідовна і «довга» національна промислова політика, що спиратиметься як на розвиток національного науково-технічного потенціалу, так і на використання «вікон можливостей« щодо імітації та локалізації технологічного досвіду більш розвинених країн, які відкриваються тепер у зв'язку з відносно низькими вхідними бар'єрами на стадії становлення смарт-виробництва.

Запорукою успіху такої політики має бути державно-приватне партнерство, оскільки самостійно ні уряд, ні промисловці з підприємцями не в змозі вирішити накопичені проблеми національної промисловості. Зокрема, уряд має залучати бізнес до розробки стратегій розвитку та реалізації пріоритетних для суспільства проектів (наприклад, створення галузевих дорожніх карт «цифрової« трансформації, розбудови індустріальних парків, галузевих центрів технологій та ін.), зацікавлюючи його можливостями впливу на державну політику, організаційною підтримкою, полегшенням доступу до фінансування тощо. Певний досвід такої співпраці уже існує, наприклад, при розробці проекту «Цифрова адженда України – 2020», де розглянуто у тому числі й питання «Індустрії 4.0». Аналогічні проекти можуть бути розроблені і спеціально для промисловості. їх завданням має стати формування галузевих і регіональних екосистем взаємопов'язаних підприємств та наукових установ, створених на основі таких принципів смарт-промисловості, як «розумна« автоматизація, бездефектність, гнучке виробництво, ланцюжки і мережі співробітництва, близькість до клієнта, створення вартості з використанням великих даних, розвиток ключових технологій, таких як 3Д-друк, робототехніка та ін.

Для успішного переходу до смарт-промисловості принципове значення має також сприятливе інституційне середовище у сфері доступу до кредитів і легкість сплати податків. При цьому важливо враховувати те, що фінансово-кредитні та податково-бюджетні інструменти не є нейтральними по відношенню до об'єкта їх застосування, а змінюються в діалектичній єдності з розвитком промисловості.

З одного боку, оподаткування і банкінг визначаються новими технологіями. Податки та банківська справа радикально змінилися, коли з'явилися виробничі потужності з масового виготовлення обладнання для радіо, телефона, телеграфу, телекса, а потім телебачення та інтернету. Наприклад, система SWIFT (англ. Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications) не могла б виникнути у XIX ст. за визначенням, оскільки тоді телекомунікацій взагалі не існувало, як не могла б виникнути і сучасна податкова система BEPS (англ. Action Plan on Base Erosion and Profit Shifting), оскільки тоді про проблеми оподаткування при транскордонних постачання цифрових товарів і послуг ніхто не міг би і здогадатись.

З іншого боку, авангардний банкінг та фінансові технології самі є каталізаторами технологічних революцій. Наприклад, передумовою першої промислової революції став розвиток ринку капіталу, який дозволив знизити ризики ліквідності й уможливив великомасштабні довгострокові інвестиції. Так і тепер сучасні фінансові технології (так званий фінтех, англ. fintech) надають додаткових можливостей розвитку смарт-підприємств шляхом оперативного кредитування за принципами «розпізнавання образів« позичальників, а блокчейн-податки можуть кардинально змінити фінансову звітність і податкові витрати суб'єктів господарювання. Однак для того, щоб належним чином використати потенціал цих нових можливостей і створити сприятливе для смарт-підприємств інституційне середовище в цій сфері, необхідно зосередити спільні зусилля урядовців та підприємців на синхронізації фінансових і технологічних інновацій.

Не менш важливим напрямом державно-приватного партнерства має стати вдосконалення нормативно-правової бази господарської діяльності в умовах нової промислової революції. Розвитку смарт-промисловості та цифрової економіки заважає відсутність базових визначень і регуляторних норм щодо робототехніки, безпілотних транспортних засобів, великих даних, блокчейн-технологій тощо. У зв'язку з підвищеною наукоємністю виробництва потребує подальшого розвитку система захисту прав інтелектуальної власності шляхом державної підтримки патентування, організації діяльності Вищого суду з питань інтелектуальної власності тощо. У більш загальному плані вирішення завдань, пов'язаних із розвитком смарт-промисловості у сферах, де технологія контактує з державним регулюванням, потребує виконання міждисциплінарних досліджень і налагодження співпраці між інженерами та юридичними експертами, спрямованої на оперативне вирішення проблем, починаючи з ранніх етапів процесу НДДКР.

Технологічні заходи мають бути спрямовані передусім на формування комплексної широкосмугової інфраструктури для промисловості: комплексні надійні та високоякісні комунікаційні мережі є ключовою вимогою для розвитку Індустрії 4.0. Тому так важливо прискореними темпами розвивати інфраструктуру широкосмугового інтернету як в Україні, так і трансграничного - між державою та її європейськими й іншими країнами-партнерами. Для цього, у свою чергу, доцільно розробити національний план розвитку широкосмугового доступу та будівництва телекомунікаційних інфраструктур: фіксованої (магістральних, дистриб'юторських і локальних мереж, точок обміну трафіком та ін.), мобільної (3G, 4G, радіо і супутникових технологій, wi-fi та ін.), радіо-інфраструктури LoRa (англ. long range frequency) для проектів інтернету речей (сенсорів, датчиків та ін.), узгодження зусиль держави і приватних провайдерів у цій сфері.

Одночасно потрібно буде розробити відповідні національні стандарти (сумісності, обміну даними, сервісно-орієнтованої архітектури тощо) та/або адаптувати міжнародні відкриті стандарти у сфері кіберфізичних систем (наприклад, IEC 62541, що є стандартом для уніфікованої архітектури OPC). При цьому важливо зосередитися на встановленні механізмів співпраці та обмінюваної інформації на основі еталонної архітектури (англ. reference architecture) - готових рішень для інфраструктури, які використовують перевірені конфігурації середовища, системи зберігання, мережі та віртуалізації. Такі технології є інтегрованими і стандартизованими, що дозволяє підвищити їх продуктивність і надійність, а також прискорити процеси впровадження. Оскільки мережа цінностей в Індустрії 4.0 об'єднує найрізноманітніші підприємства з відмінними бізнес-моделями, роль еталонної архітектури полягає у подоланні цих розбіжностей. Це, у свою чергу, потребує від партнерів узгодження основних структурних принципів, інтерфейсів і даних.

Вирішальне значення для успіху інтелектуальних виробничих систем мають захист і безпека розумних приладів й обладнання, обчислювальних пристроїв та комп'ютерних мереж. З урахуванням зростання масштабів кіберзлочинності у світі, а також великих загроз від порушень індустріальних технологій (в атомній енергетиці, хімічній промисловості та ін.) принципово важливо гарантувати, що кіберфізичні системи не становитимуть загрози ні для людей, ні для навколишнього середовища. Виробничі потужності, їх продукти, дані та інформація, які вони містять, мають бути надійно захищені від неправильного використання та несанкціонованого доступу. Це потребує, наприклад, розгортання у промисловості інтегрованих архітектур захисту та безпеки, унікальних ідентифікаторів, а також відповідної професійної підготовки персоналу. Відповідно до вже прийнятих рішень на державному рівні в Україні буде створено організаційно-технічну модель Національної системи кібернетичної безпеки, що охоплюватиме всю економіку, а також галузеві центри управління безпекою (англ. Security Operation Centers) та галузеві центри реагування на кіберзагрози (англ. Computer Emergency Response Team).

Соціально-економічні заходи стосуються насамперед проблем прискореного розвитку сфери НДДКР. Справа в тому, що інтелектуальні виробничі системи, продукти та виробничі системи стають дедалі складнішими і наукоємними. Разом з тим Україна поки що не готова підтримувати їх на належному науково-технічному рівні. Загальні витрати на НДДКР в Україні за період 2005-2015 рр. склали тільки 0,62% ВВП при середньосвітовому рівні 2,23%, тобто в 3,6 рази менше. Оскільки ВВП України (за ПКС) також приблизно у 2 рази відстає від середнього у світі, реальні видатки на НДДКР у державі менше за середньосвітові приблизно у 7 разів. Ці самі висновки стосуються витрат у розрахунку на 1 дослідника, оскільки їх чисельність у розрахунку на 1 млн населення приблизно дорівнює середній у світі (Україна - 1,0 тис. осіб, світ - 1,3 тис. осіб). Зрозуміло, що при таких видатках на науку створювати і підтримувати у широких масштабах інноваційні технологічні процеси та продукти нереально. У зв'язку з цим механізми бюджетного фінансування НДДКР потребують кардинальної модернізації з одночасним підвищенням результативності науково-технічної діяльності.

Неприпустиме відставання у сфері ресурсного забезпечення «розумного« майбутнього і розвитку смарт-промисловості стосується не тільки Української держави і публічних видатків на НДДКР. У їх структурі частка фінансування

приватних підприємств складає приблизно 30%, тоді як у світових промислових лідерів вона суттєво перевищує Уі і становить: у Німеччині - 66%, США - 69, Китаї - 75, Японії - 75, Південній Кореї - 76% (2013 р.). Усе це свідчить про те, що бізнес в Україні через різні причини не зацікавлений тепер інвестувати в дослідження і розробки, а отже, за деякими виключеннями, не готовий до розвитку за принципами «смарт«. Очевидно, що ці несприятливі тенденції необхідно подолати. Використовуючи важелі державно-приватного партнерства, організаційні та фінансові можливості, уряду потрібно послідовно відновлювати «заводський» сектор науки. Особливу увагу при цьому слід приділити спеціальним науковим дослідженням, спрямованим на формування Європейського дослідницького та інноваційного простору, зокрема у сфері розробки відкритих й інтероперабельних цифрових рішень для запуску та розвитку інноваційних екосистем у секторах промисловості, розробки та використання відкритих стандартів, платформ для нових продуктів і послуг.

Смарт-промисловість суттєво змінює профіль роботи і навичок у результаті прояву двох тенденцій. По-перше, традиційні виробничі процеси, що характеризуються дуже чітким розподілом праці, тепер вбудовуються в нові організаційні структури й операційні системи, де вони будуть доповнені функціями прийняття і підтримки рішень, координації та контролю в режимі реального часу. По-друге, необхідно буде організувати і координувати взаємодію між віртуальними та реальними машинами, системами управління агрегатами і системами управління виробництвом.

Усе це неминуче закріпить і прискорить зміни з боку попиту на ринках праці, у той час як реакція з боку пропозиції є традиційно набагато повільнішою. У результаті зростатимуть диспропорції на ринку праці, що може спричинити збільшення майнової нерівності та подальшого загострення соціальної поляризації суспільства. Тому державі потрібно сконцентрувати зусилля на збільшенні допомоги працівникам під час структурних смарт-трансформацій у формі підтримки рівня доходів і можливостей професійного навчання та перепідготовки.

У зв'язку з вищезазначеним пріоритетними компонентами реформ мають стати створення національної системи «цифрової« та STEM-освіти, спеціальної підготовки кадрів для кіберфізичних виробництв і їх безперервного професійного розвитку, розробка нових підходів до набуття знань та навичок на робочих місцях, у тому числі з використанням методів цифрового навчання, створення та просування «мереж провідної практики« у сфері перепідготовки кадрів, трансферту нових знань і трудових навичок, організація системи отримання цільових кваліфікацій безробітних випускників у галузі ІСТ та інжинірингу, їх прямих зв'язків із промисловими підприємствами (на кшталт The Academy Cube у Німеччині) тощо.

2.3.2. Напрями розвитку смарт-промисловості в Україні: галузевий аспект

Смарт-промисловість являє собою новий - цифровий етап автоматизації виробництва та організації управління. Тому очевидно, що галузеві аспекти розвитку індустрії за принципами «смарт« залежать від наявного стану і потенціалу подальшої автоматизації в цій сфері.

Для виявлення ступеня, в якому окремі сектори економіки можуть бути автоматизовані, у даних дослідженнях усі основні господарські операції людини були

розподілені на сім категорій. Потім було визначено відносні пропорції цих операцій у кожному економічному секторі. Найбільш імовірними кандидатами, придатними для широкого використання засобів автоматизації, вважаються ті сектори, у яких високу питому вагу у виробничій діяльності займають фізичні операції, що виконуються в добре структурованому та передбачуваному середовищі (тобто операції, які значною мірою регламентовані, наприклад, обробка даних, складання багатокомпонентних виробів тощо).

Із використанням цієї методики було визначено сектори економіки з більшими та меншими потенціалами автоматизації. Зокрема, згідно з виконаними розрахунками найвищий потенціал автоматизації має сектор тимчасового розміщення й організації харчування людей. Види діяльності, які є менш регламентованими (наприклад, управління людьми та проведення експертиз), мають менший потенціал автоматизації. А найнижчий, що зрозуміло, притаманний освітньому сектору, оскільки зайнятий у ньому персонал більшу частину свого робочого часу витрачає на творчі завдання або заходи, що потребують високих когнітивних можливостей (табл. 2.1).

Як свідчать наведені в табл. 2.1 дані, промисловість (причому не тільки обробна, але і добувна) належить до тих видів економічної діяльності, які мають високий потенціал автоматизації та, відповідно, подальшого переходу до широкомасштабного використання кіберфізичних систем. Але перш ніж розглянути його більш докладно, слід звернутися до аналізу основних інструментів автоматизації.

Штучний інтелект. Основним інструментом сучасної автоматизації є засоби і технології штучного інтелекту (англ. Artificial intelligence, AI), які базуються на досягненнях у таких сферах, як обробка мови людей та розпізнавання візуальних об'єктів.

Фахівцями MGI проведено опитування більше 3 тис. топ-менеджерів компаній із різних секторів економіки США для того, щоб глибше зрозуміти ситуацію з адаптацією технологій використання штучного інтелекту. Опитування показало, що тільки невелика частка компаній у значних масштабах включили AI до ланцюжків створення вартості; більшість підприємств, які мали певну обізнаність щодо пов'язаних із штучним інтелектом технологій, усе ще перебувають на експериментальних або пілотних етапах. Із більше 3 тис. респондентів лише 20% заявили, що вони застосовують одну або декілька технологій, пов'язаних із використанням AI, у суттєвому масштабі або в основній частині свого бізнесу, 10% повідомили, що використовують більше двох технологій, і лише 9% повідомили про використання машин, що самонавчаються.

У табл. 2.2 наведено дані, одержані на основі даного опитування, щодо прогнозованої норми прибутку у 2025 р. в економічних секторах США для фірм, які активно впроваджують технології AI в основний бізнес (мають відповідну довгострокову стратегію) або частково (зовсім) не планують використовувати ці технології. На основі даних табл. 2.2 можна дійти висновку, що фірми, які займають проактивну позицію щодо впровадження засобів автоматизації на базі технологій штучного інтелекту, мають набагато вищі прогнозовані норми прибутку, ніж інші. Це свідчить про те, що AI може створювати значні конкурентні переваги, але лише для тих компаній, які цілком схильні до нього. Адже технологія є тільки інструментом, який сам по собі не гарантує підвищення конкурентоспроможності.

Таблиця 2.1 – Технічний потенціал автоматизації за секторами економічної діяльності на основі існуючих технологій та за типами операційної діяльності, %

Вид економічної діяльності	Потенціал автоматизації за типом діяльності						Потенціал автоматизації в цілому	Частка сектору в загальній зайнятості в Україні (2016 р.)
	фізична передбачувана / непередбачувана	керування	експертиза	взаємодія	збір даних	обробка даних		
Сільське, лісове та рибне господарство	80-90 / 40-50	5-10	30-40	30-40	80-90	70-80	57	17,6
Промисловість у цілому	70-90 / 30-40	5-20	10-30	10-30	70-80	60-70	56	15,3
У тому числі: видобуток корисних копалин	70-80 / 30-40	10-20	20-30	20-30	70-80	60-70	51	2,3
обробна промисловість	80-90/30-40	5-10	10-20	10-20	70-80	60-70	60	13,0
Будівництво	80-90 / 30-40	10-20	10-20	20-30	70-80	70-80	47	4,0
Оптова торгівля	70-80 / 30-40	5-10	20-30	10-20	70-80	60-70	44	21,6
Роздрібна торгівля	80-90 / 30-40	5-10	40-50	5-10	70-80	70-80	53	
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	60-70 / 30-40	30-40	30-40	30-40	70-80	80-90	60	6,1
Тимчасове розміщення й організація харчування	90-100/5-10	20-30	30-40	40-50	70-80	80-90	73	1,7
Інформація та телекомунікації	80-90 / 30-40	5-10	10-20	10-20	60-70	50-60	36	1,7
Фінансова та страхова діяльність	80-90 / 10-20	5-10	10-20	10-20	40-50	70-80	43	1.4
Операції з нерухомим майном	60-70 / 10-20	5-10	20-30	20-30	60-70	70-80	40	1.6
Професійна, наукова та технічна діяльність	70-80 / 20-30	5-10	10-20	10-20	40-50	40-50	35	2.6
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	80-90 /20-30	10-20	10-20	20-30	40-50	40-50	35	1.9
Державне управління та оборона; обов'язкове соціальне страхування	60-70/ 10-20	10-20	10-20	20-30	40-50	50-60	39	6,0
Освіта	50-60/ 20-30	5-10	10-20	10-20	40-50	50-60	27	8.9
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	40-50/ 10-20	5-10	10-20	10-20	50-60	60-70	36	6.3
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	80-90/ 10-20	10-20	20-30	20-30	60-70	70-80	41	1.2
Інші види економічної діяльності	70-80 / 30-40	5-10	20-30	10-20	60-70	60-70	49	2.1

Фірмам потрібно здійснити певні зміни, щоб успішно застосовувати AI, включаючи формування відповідної корпоративної культури.

У виробничому секторі ФРН приблизно 55% усіх видів діяльності, які тепер виконуються людьми, можуть бути автоматизовані з використанням технологій AI. Виконання фізичних операцій або експлуатація механізмів у передбачуваному середовищі (наприклад, упакування виробів, зварювання) становить $^{1}/_{4}$ загального часу роботи на виробництві. Потенціал автоматизації на основі AI для цього типу діяльності складає близько 90%. Усі інші види діяльності (крім управління, експертизи та взаємодії) мають потенціал автоматизації з використанням технологій AI значно вищий 50%. За даними фахівців німецьких офісів MGI, використання технологій AI на робочих місцях та у виробничих операціях, які підлягають автоматизації, може щорічно підвищувати продуктивність праці на 0,8-1,4%.

Таблиця 2.2 – Очікувана норма прибутку у 2025 р. для фірм, які освоюють штучний інтелект (AI) в операційній діяльності (активно, частково або уникають освоєння) за секторами/сферами економічної діяльності, %

Сектор/сфера економічної діяльності	Фірми, які активно освоюють AI	Фірми, які частково освоюють AI	Фірми, які не освоюють AI
Високотехнологічні галузі промисловості та телекомунікації	7,0	-3,0	-5,0
Автомобілебудування та інші складально-монтажні виробництва	8,0	-2,0	0
Виробництво упакованих споживчих товарів	4,0	-2,0	0,5
Електроенергетика та видобуток природних ресурсів	2,0	1,5	-6,0
Виробництво будівельних матеріалів та будівництво	4,5	1,5	2,0
Транспорт і логістика	5,5	3,0	-3,5
Роздрібна торгівля	8,5	-2,0	-2,5
Фінансові послуги	12,5	-3,5	-2,0
Охорона здоров'я	17,0	-5,0	-1,0
Освіта	9,0	-2,5	-4,5
ЖКГ	2,5	1,5	-3,0
Професійна діяльність	8,0	-2,5	0,5
Подорожі та туризм	3,0	-4,0	-2,0
У середньому	7,0	-1,5	-2,0

Інтернет речей. Подальша дифузія існуючих ІСТ-технологій може зменшити витрати на торгівлю і координацію та зміцнити глобальне фрагментарне виробництво. Відомі дані про те, що активне використання цифрових технологій дозволило фірмам деяких країн із низьким і середнім рівнями доходів отримати доступ до більш широких ринків шляхом зменшення витрат на пошук відповідних покупців і продавців по всьому світу. Ці технології включають смартфони, відеоконференції та віртуальну реальність, а також комп'ютерний переклад. Новітні технології ІСТ у сфері IoT, такі як «великі дані« та хмарне обчислення, окремі з яких вже почали широко використовуватися, можуть також суттєво посилити позиції підприємств у глобальних ланцюжках поставок.

Із позицій становлення смарт-промисловості в Україні найбільший інтерес становлять категорії оточення «фабрики» та «виробничі майданчики».

Категорію оточення «фабрики» (англ. factories) визначено як спеціалізовані, стандартизовані виробничі середовища. Вона включає засоби для дискретного або процес- ного (технологічного) виробництва, а також центри обробки даних, ферми та лікарні. Дійсно, стандартизовані процеси в усіх цих категоріях надають можливість застосувати ті самі типи поліпшень, що притаманні техніко-технологічному розвитку виробничих об'єктів.

За оцінками MGI, використання IoT у спеціалізованих виробничих середовищах здатне згенерувати вигоди у глобальній економіці на суму від 1,2 до 3,7 трлн дол. на рік у 2025 р., що еквівалентно зниженню витрат на 5-12,5%. При цьому найбільший потенціал дає оптимізація операцій (англ. operations optimization), яка дозволяє зробити різноманітні виробничі процеси більш ефективними за рахунок використання неупереджених датчиків (а не рішень, заснованих на суб'єктивних судженнях персоналу, які не позбавлені помилок) для регулювання продуктивності машин, а також «великих даних» від виробничого обладнання для точного налаштування робочих процесів.

Після оптимізації операцій найкращим способом використання IoT у фабричних умовах є прогнозне обслуговування обладнання (англ. predictive maintenance) та оптимізація його запасів (англ. inventoiy optimization). Інтелектуальна

підтримка в цій сфері передбачає використання датчиків для постійного моніторингу стану обладнання з метою уникнення поломок і визначення точного часу необхідного технічного обслуговування. IoT дозволяє також поліпшити управління запасами шляхом автоматичного відновлення резерву запчастин на основі даних, записаних датчиками.

Реалізація цього високого потенціалу підвищення ефективності виробничих процесів залежить від технологічних особливостей окремих галузей промисловості (можливостей широкого використання IoT у спеціалізованих стандартизованих виробничих процесах і продуктах), а також від досягнутого в них інноваційного рівня (здатності впроваджувати нові технологічні процеси та продукти).

2.4 Аналіз проблем і напрями становлення смарт-виробництв у галузях промисловості

Українська промисловість традиційно спеціалізується на декількох галузях: добувній, металургійній, хімічній, машинобудівній. харчовій. Це обумовлено такими чинниками, як наявність відповідних природних і трудових ресурсів, географічне розташування. а також історичні особливості розвитку. Незважаючи на очевидні відмінності, перелічені галузі поєднує те, що. по-перше, всі вони використовують переважно застарілі технології; по-друге, в кожній із них виробництво може бути перебудовано й організовано згідно з принципами «смарт«. Для сучасного цифрового універсуму вже не існує галузевих перешкод, і всі різновиди матеріального виробництва. незалежно від галузевої специфіки, можуть бути інтегровані у глобальні та/або регіональні мережі розумних кібервиробничнх систем. Окремі «острівки« таких систем уже з'являються в Україні.

Однак галузеві проблеми смартизації також існують. Вони є дуже різними та багатоаспектними: не тільки технологічними й ресурсними. але і соціальними, культурними та їй. У рамках даного дослідження, присвяченого концептуальним питанням становлення смарт-індустрії. Доцільно проаналізувати проблеми смартизації на прикладі двох важливих галузей, які традиційно відіграють значну роль у національній індустрії та зовнішній торгівлі, - металургійній і хімічній. Завдання полягає в тому, щоб на основі «case study« виявили ті головні проблеми і шляхи їх вирішення, які обумовлюють особливості типових галузевих реакцій на процеси розгортання четвертої промислової революції.

2.4.1 Передумови, проблеми та напрями розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах

У сучасних умовах метал є одним із найуживаніших товарів у світі: він використовується в багатьох сферах людського життя - від будівель та транспорту до найсучасніших гаджетів.

Металургійна промисловість, яка залишається одним із лідерів української економіки, має потенціал розвитку на «розумних» засадах. Це пов'язано з переорієнтацією провідних галузей-металоспоживачів (машинобудування та будівництво) у русло смарт-промисловості, широкими можливостями застосування «розумних« технологій у самій металургії та посиленням соціо-гуманітарної відповідальності галузі перед суспільством.

Доцільним є визначення передумов, проблем і напрямів розвитку вітчизняної металургійної промисловості на смарт-засадах з урахуванням можливостей використання провідного світового досвіду впровадження «розумних« технологій в умовах системної кризи галузі.

Передумови та проблеми впровадження смарт-виробництв у металургії України

Ключові тенденції розвитку світової металургії. Головними галузевими трендами останнього двадцятиліття, які закріпилися у 2013-2017 рр. та, на думку більшості міжнародних експертів, і надалі залишатимуться актуальними, є такі:

1. Безпрецедентне зростання обсягів металовиробництва на тлі постійного перевищення виплавки металу над його споживанням та розширення металургійних потужностей навіть у кризові періоди 1998-1999, 2008-2009 та 2015-2016 рр.

За двадцятирічний період з 1998 по 2017 р. обсяг виплавки сталі зріс більш ніж у 2 рази - з 777 до 1690 млн т. Найбільш сприятливим періодом зростання для світової металургії були 2000-2007 рр., тоді як у 2008-2009 рр. ситуація кардинально змінилася внаслідок світової фінансово-економічної кризи. Дотепер рівень розвитку галузі так і не досяг докризового стану, значно поступаючись у темпах зростання, які у 1998-2007 рр. у середньому становили 105,4% на рік, у 2008-2017 рр. - лише 102,5%, а в 2013-2017 рр. - 101,5%, що було спричинено передусім загальним спадом у світовій економіці.

При цьому обсяги загального споживання готової металопродукції у світі відстають від обсягів випуску металу, що призвело до виникнення однієї з найбільших проблем розвитку сучасної металургії-перевиробництва, тобто перевищення виробництва над споживанням. Упродовж 1998-2017 рр. у світі постійно спостерігався профіцит металу, який підвищувався разом зі збільшенням обсягів виплавки сталі та дещо знижувався під час кризових для галузі років. Частка профіциту в загальному обсязі виробництва металу в середньому становила 8,8%, або 103 млн т. Основною причиною утворення сталевого профіциту у більшості країн та регіонів виступає зростаючий обсяг надлишкових сталеплавильних потужностей, тобто різниця між номінальними виробничими потужностями та фактичними обсягами виробництва сталі.

2. Кардинальна зміна географічної структури виробництва та споживання металопродукції зі зміщенням «центрів« виплавки і торгівлі металом.

Першість на глобальному металоринку за обсягами всіх традиційних показників посідає азіатський регіон на чолі з Китаєм. Останній за двадцятирічний період збільшив виробництво сталі приблизно у 7,5 раза і зайняв майже половину загальносвітового обсягу її виплавки. Крім Китаю, домінування Азії на світовому металоринку забезпечили Індія, яка в аналізованому періоді вчетверо наростила виробництво металу, Японія, Південна Корея і Тайвань, які у 1998-2017 рр. зберегли позиції одних із найбільших виробників та споживачів сталі, а також більш нові гравці - В'єтнам, Таїланд, Філіппіни. Високі темпи зростання (більш ніж утричі) демонстрували арабські країни Близького Сходу та Північної Африки, лідери серед яких - Іран, Пакистан, Саудівська Аравія, Єгипет. Традиційні металургійні регіони (ЄС, СНД та Північна Америка) дещо втратили свої позиції на світовому ринку внаслідок як азіатсько-китайської «експансії», так і внутрішніх проблем, щоправда, зберігай вплив у споживати металу та металоторгівлі.

3. Підвищення спроможності галузі до генерації та впровадження інновацій, коли сталь усе частіше стає частиною ланцюжків доданої вартості та виступає постійним матеріалом у циркулярній економіці.

Патентні дані вказують на те, що сталевий сектор далекий від сплячого стану, він має значні інновації як щодо виробничих процесів, так і щодо характеристик металовиробів. Ключову роль при цьому відіграватиме процес дигіталізації. Найголовнішим же є те, що все це окупається. Металургійні компанії, які зосередили основну увагу на якості, а не на обсязі, як правило, витримували спад економіки більш ефективно, ніж інші підприємства.

На особливу увагу заслуговує здатність металу бути постійним матеріалом у циркулярній економіці, що пояснюється можливістю його 100-відсоткової переробки, яка економить як природні ресурси, так і енергію. Чим більше сталі переробляється, тим більше зберігається довкілля. При цьому виробництво металу з брухту потребує лише близько третини енергії, необхідної для виробництва сталі із залізної руди.

Крім того, металургія здатна підтримувати циркулярну економіку шляхом просування 4R-підходу (Reduce - Reuse - Remanufacture - Recycle), який означає зменшення кількості матеріалу, енергії та інших ресурсів, що використовуються для виплавки сталі, та обсягу металу, який використовується в іншій продукції; повторне використання об'єкта або матеріалу для первинної або аналогічної мети, без суттєвої зміни його фізичної форми; відновлення довговічних сталевих виробів у новому стані; переробку металопродукції в кінці корисного строку її використання для створення нових сталей.

Негативні тенденції розвитку галузі спонукають металовиробників (окремі компанії та країни загалом) шукати вихід, спираючись не тільки на традиційні заходи, включаючи протекціонізм, але і на розробку та впровадження принципово нових «розумних» технологій.

Особливості стану і тенденцій розвитку української металургії: Металургія, з одного боку, залишається одним з основних видів промислової діяльності, забезпечуючи, за даними Державної служби статистики України, до 16% загального обсягу реалізованої промислової продукції, п'яту частину товарного експорту, понад 200 тис. робочих місць та майже 10% у доданій вартості за витратами виробництва підприємств, що робить її стратегічно важливою для майбутнього розвитку вітчизняної економіки. З іншого - галузь відрізняється високим рівнем ресурсоємності виробництва та низьким рівнем його екологічності: на неї припадає більше 25% викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, більше 20% усієї споживаної електроенергії та понад 25% теплоенергії; матеріальні витрати та витрати на оплату послуг, використані у виробництві, становлять майже 90%, що підштовхує металургійні підприємства до рішучих змін та гостро ставить перед ними завдання підвищення ефективності виробництва.

Виплавка сталі в Україні - основний показник галузевої діяльності - за останнє двадцятиліття мала схожі тенденції зі світовими трендами: до глобальної фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. виробництво демонструвало в основному позитивну динаміку (у 1998-2007 рр. темпи зростання становили в середньому 105,4% на рік), тоді як друга половина аналізованого періоду характеризувалася його серйозним спадом (30,1% у 2009 р. порівняно з 2007 р.), і протягом 2008-2017 рр. так і не змогло відновитися (темпи зростання становили в середньому 93,8% на рік). Найсерйознішим випробуванням для галузі стали військові дії на Донбасі, які

призвели до негативної динаміки виплавки сталі у країні у 2014-2017 рр. та суттєвого падіння обсягів і рівня завантаження металургійних потужностей (на 27% порівняно з 2013 р. та на 44% порівняно з 2007 р.).

Унаслідок істотного падіння обсягів виробництва сталі Україна у 2017 р. втратила місце в десятці найбільших металовиробників, яке займала до 2016 р. включно, посівши 12 позицію і пропустивши вперед Італію і Тайвань. Незважаючи на досить великі обсяги металовиробництва, частка української металургії у глобальному обсязі як виплавки сталі, так і сталеплавильних потужностей в аналізованому періоді не перевищувала 4% навіть у найсприятливіші періоди та мала стабільно понижувальну тенденцію.

Глобальні регіональні зміни виробництва та споживання металопродукції змушують Україну переглянути географічну структуру металоекспорту - арабський та азіатський регіони самі швидко перетворилися на значних гравців світового та регіональних металоринків. Європейський ринок унаслідок погіршення стану та падіння основних показників діяльності галузі в Європі переводить українську продукцію в зону ризику застосування антидемпінгових розслідувань через необхідність підтримки (хоч і непрямої) власних виробників. На металоринку СНД ситуація останнім часом ускладнилася наявністю проблем у відносинах із Росією, яка завжди була одним із головних ринків збуту вітчизняної металопродукції.

Найбільшими проблемами розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах *є такі:*

нерозвиненість внутрішнього ринку, про що свідчить аналіз частки української металургійної промисловості у світовому обсязі споживання готової металопродукції, який у розглянутому періоді не перевищував 1% та постійно знижувався, зменшившись майже утричі у 2017 р. порівняно з докризовим періодом 2000-2007 рр. і сягнувши лише 0,3%. Це не тільки робить українську металургію критично залежною від зовнішнього ринку, але і заважає розвитку металоспоживаючих галузей, які виробляють готову продукцію з більшою доданою вартістю, та апробації інноваційних рішень. Саме наднизький рівень металоспоживання, а не наявність великого обсягу надлишкових сталеплавильних потужностей, як у більшості зарубіжних країн, є головною причиною перевиробництва металу в Україні;

перевиробництво металу - розрив між виплавкою сталі та її використанням на внутрішньому ринку у 1998-2017 рр. становив у середньому 82,7%, або 26,7 млн т. Профіцит металу підвищувався відповідно до зростання виробництва і в ті самі роки, а питома вага в загальному обсязі виплавки металу становила не менше 75%, збільшившись під час та після світової фінансово-економічної

вітчизняна сталева продукція не була затребуваною на внутрішньому ринку. Наслідком цього є життєва необхідність для металургійних підприємств експортувати її, що ставить галузь у залежність від зовнішніх ринків збуту;

низький інноваційний рівень металургійної галузі та економіки України загалом - за даними 2019 Bloomberg Innovation Index Україна втратила 7 позицій порівняно з попереднім результатом, посівши 53 місце серед 95 аналізованих країн; за рівнем готовності до виробництва майбутнього в контексті четвертої промислової революції Україна належить до країн, у яких воно тільки зароджується (nascent countries), і займає 43 сходинку зі 100 за показником структури виробництва (structure of production) та 63 - за показником драйверів виробництва (drivers of production),

найгірший результат спостерігається щодо розвитку інституційного середовища (driver: institutional framework) - 94 сходинка. Загальне відставання України за рівнем інноваційного розвитку негативно позначається на інноваційній активності металургійної галузі: у 2017 р. менше 20% металургійних підприємств здійснювали інноваційну діяльність, частка маловідходних і ресурсозберігаючих процесів у загальній кількості впроваджених нових технологічних процесів на металургійних підприємствах займала приблизно 30%, як і частка нових для ринку найменувань упроваджених інноваційних видів продукції, питома вага інноваційної продукції в загальному обсязі реалізованої металургійної продукції становила менше 1%;

відсутність комплексної довгострокової стратегії розвитку металургійної промисловості - дія попередньої «Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 року» закінчилася більше 10 років тому, і всі наступні нормативні документи щодо промислового розвитку України лише фрагментарно відображали пріоритетні напрями діяльності галузі, які б відповідати потребам країни та сучасним трендам розбудови виробництва майбутнього.

Суттєве відставання української металургії від світових аналогів у використанні смарт-технологій зумовлює особливості майбутньої розбудови галузі на «розумних» засадах.

Історичні передумови, актуальність і необхідність розвитку смарт-виробництв у металургії

Історичними передумовами становлення смарт-металургії можна вважати те, що галузь успішно розвивалася протягом усіх промислових революцій, упроваджуючи їх провідні досягнення у виробничій, організаційно-економічний та соціальній сферах, а метал є та залишатиметься одним з основних конструкційних матеріалів у світі.

Актуальність розвитку галузевих смарт-виробництв у світі зумовлена швидким розвитком й упровадженням «розумних« технологій у металоспоживаючих та пов'язаних видах діяльності, що потребує від металургії виконання принципово нових вимог клієнтів і дозволяє використовувати їх інноваційні наробки, тоді як в Україні - більшою мірою можливістю зниження витрат унаслідок використання новітніх технологій, оскільки вітчизняний металоринок є нерозвиненим, і немає потреби задовольняти посилені вимоги внутрішніх споживачів, а зовнішні ринки є досить нестабільними і характеризуються дуже високим рівнем конкуренції.

Необхідність упровадження смарт-виробництв у металургійній промисловості пов'язана з її майбутнім виживанням, що пояснюється як можливістю кардинально підвищити ефективність функціонування металургійних підприємств за рахунок реалізації інноваційних рішень в усіх сферах їх діяльності, так і небезпекою залишитися осторонь економічних процесів через неможливість збуту продукції внаслідок невідповідності вимогам контрагентів.

Головною метою розвитку смарт-металургії є підвищення адаптивності галузі, що полягає у: всеосяжному пристосуванні до зовнішніх умов, які з кожним днем змінюються все швидше; більш оперативному реагуванні внутрішнього середовища на зміну зовнішніх умов; 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 (у тому числі тих, що тільки будуть сформовані у майбутньому), виходячи з яких відбувається

розвиток виробництва, навіть якщо наразі необхідні виробничі умови здаються недосяжними.

Основні напрями розвитку української металургії на смарт-засадах

У процесі розвитку металургійної смарт-промисловості ядром виступають новітні цифрові технології, за допомогою яких відбувається «цифровізація та інтеграція вертикального і горизонтального ланцюжків створення доданої вартості, цифровізація пропонованих товарів та послуг, з'являються нові бізнес-моделі та платформи взаємодії з клієнтами». До них належать IoT-платформи, аналіз великих даних, хмарні технології, візуалізація, інтелектуальні датчики, мобільні пристрої, «розумні» машини та механізми, адитивні технології (3Д-друк) та ін., які забезпечують просунуті інтерфейси для взаємодії людини та машини, багаторівневу взаємодію з клієнтами та збір клієнтської інформації, перевірку достовірності та виявлення фактів шахрайства тощо.

Перелічені технології не є унікальними тільки для металургії внаслідок «розмивання» меж між різними видами діяльності та всіма сферами суспільного життя, широко використовуючись в інших галузях, проте мають свої особливості, дію яких доцільно дослідити окремо у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств (хоча такий розподіл і є досить умовним), що дозволить виявити «вузькі» місця та стримуючі чинники подальшого розвитку галузі.

Розробка й упровадження смарт-рішень у виробничій сфері розвиваються набагато повільніше, ніж в інших сферах діяльності через необхідність дуже великих капіталовкладень та значного проміжку часу для вдосконалення, а тим більше здійснення принципово нових інноваційних відкриттів щодо металургійного процесу, який технологічно є досить стабільним.

Основними прикладами смарт-рішень у металовиробництві на сьогоднішній день виступають:

інтернет речей (IoT) - дозволяє управляти виробничим процесом у режимі реального часу та зв'язувати воєдино всі його частини на великій території, дистанційно керувати роботою будь-якого пристрою та обладнання, підключених до єдиної системи. IoT має особливе значення для металургійної галузі при видобуванні первинних ресурсів, наприклад, у гірничорудній промисловості, основні потужності якої розташовані, як правило, на досить великій відстані від власне металургійного підприємства. Перешкодою може виступати відсутність стабільного інтернет-зв'язку в багатьох куточках планети, проте останні розробки в галузі супутникового зв'язку найближчим часом можуть дозволити забезпечити інтернет- покриття на 80% території Землі;

smart devices (датчики, сенсори, лічильники) - контролюють та оптимізують роботу обладнання, дозволяючи точно й оперативно визначити, скільки сировини споживається в тій чи іншій печі, якими бувають відхилення від нормативів витрат, які причини їх викликають, яким є рівень споживання тощо. 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 і зменшити витрачену енергію. Зазвичай заводи генерують багато власної електроенергії, використовуючи газ зі своїх печей і процесів прокатки. Однак більшість також використовує велику кількість енергії з мережі, яку вони

завжди намагаються зменшити. Різні марки сталі потребують різної кількості енергії, і датчики тепер здатні точно вимірювати, які марки сталі є найбільш енергоємними. Виробники можуть потім аналізувати цін на енергію з метою позиціонування певних марок сталі на виробничій лінії, щоб вони вироблялися, коли потужність буде найдешевшою;

інтелектуальне моделювання та візуалізація процесів, що відбуваються всередині устаткування на основі даних, отриманих за допомогою сучасних датчиків, застосування концепції цифрових двійників. Особливого значення дана концепція набуває при аналізі процесів у «закритих» агрегатах - доменних і сталеплавильних печах. Наприклад, доменні печі мають постійно завантажуватися шарами коксу та агломерату, що чергуються, ці шари забезпечують рівномірно ефективний потік газу. До недавнього часу топографічні й температурні порушення було важко ідентифікувати. Voestalpine, використовуючи 3Д-радіолокацію, зміг розробити всеосяжну модель процесу завантаження, яка включає вимір температури доменної печі в режимі реального часу, що привело до більш високих виходів чавуну і зменшення викидів;

роботизація - 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 вимірі температури у плавильних агрегатах, скачуванні шлаку, нанесенні та знятті вогнетривких покриттів. Технології безпілотних літальних апаратів використовуються для перевірки важкодоступних районів заводів, а також геодезії та планування гірничих робіт. У перспективі вся наземна, кранова техніка буде безпілотною і під управлінням штучного інтелекту[7]. Технічно це розв'язуване завдання;

технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3Д-друк, у перспективі технології 4D та MIM), - належать до адитивних технологій (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 відрізняючись більш коротким ланцюжком створення вартості. Металургійні AM іноді виділяють особливою абревіатурою DMF - direct metal fabrication - пряме «вирощування« з металевих порошків. Цю групу технологій розглядають як одну із стратегічних для освоєння, перш за все, в аерокосмічній і оборонній галузях. Однак дана технологія сьогодні є дорожчою за традиційне металовиробництво через високу вартість порошків і самих 3Д-принтерів і має обмеження щодо використовуваних матеріалів унаслідок жорстких вимог до поверхні та структури часток застосовуваних порошків, коливання якості готових виробів, а також щодо розміру друкованих деталей. Проте 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, технічні інженерні рішення із застосування нових сплавів у

конкретних виробах. Пришвидшеними темпами відбувається розвиток й упровадження металургійних нанотехнологій, які набувають особливого значення у медицині, електроніці, хімічній промисловості.

В Україні досить широко використовуються датчики для контролю за роботою обладнання, які дають швидкий ефект у вигляді виявлення проблем його функціонування на ранніх стадіях, оптимізації споживання сировинних ресурсів, підвищення точності та обсягу даних щодо технологічного процесу всередині агрегатів тощо.

Інтернет речей також знайшов застосування на українських металургійних підприємствах, однак його ефективність можлива лише за умови безперебійної роботи швидкісного Інтернету, до якого підключені відповідні девайси, на всій території, яку охоплює закупівля сировини та будь-якої необхідної техніки й технології, виробництво, збут, післяпродажне обслуговування та утилізація використаної продукції, тоді як в Україні цей процес далеко не завершений. Якщо на самому підприємстві зазвичай забезпечується доволі стабільна робота Інтернету, то поза його межами, особливо ближче до сільської місцевості, покриття може бути нестабільним або повністю відсутнім, що ускладнює набуття переваг від використання даної «розумної« технології.

Застосування роботів у вітчизняній металургії не знайшло широкого розповсюдження, оскільки є дорожчим за звичайних робітників через досить низький рівень оплати праці порівняно з провідними країнами. Розробка принципово нових продукції та матеріалів теж не характерна для галузі, тому що потребує значних капіталовкладень та часу на наукові дослідження, не затребувана на зовнішніх ринках, які здебільшого переорієнтовуються на виробництво власних інноваційних продуктів. Здебільшого металурги поставляють на ринок продукцію, яку можна назвати вдосконаленою (посилені вимоги до механічних властивостей, нетиповий хімічний склад) та умовно удосконаленою (нове покриття або профілерозмір). І хоча цей процес є необхідним для поточної діяльності метпідприємств з метою задоволення вимог клієнтів, що частково відповідає концепції смартизації, його не можна вважати повноцінною складовою Індустрії 4.0.

3D-друк в осяжному майбутньому також не знайде широкого застосування в українській металургійній промисловості внаслідок необхідності імпортувати як власне 3Д-принтери, так і дорогий порошок для роздрукування металопродукції. Крім того, в Україні немає значного попиту на унікальну продукцію, для якої був би потрібен тривимірний друк, через нерозвиненість металоспоживаючих галузей, тоді як звичайний спосіб металовиробництва сьогодні є набагато дешевшим.

Найбільш швидкими темпами впровадження «розумних« технологій відбувається в організаційно-економічній сфері діяльності металургійних підприємств, оскільки воно пов'язане з нижчими капіталовкладеннями та займає значно менше часу (часто не більше двох років).

Основними напрямами смартизації у цій сфері є такі:

- цифровізація продукції, послуг та всієї бізнес-моделі - це ключова складова даного процесу, яка являє собою «насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливлює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір». Цифровізація у металургії відбувається з використанням тих самих

датчиків (вібраційних, оптичних, звукових), сенсорів, великих даних, хмарних технологій, візуалізації та ін., поєднаних за допомогою інтернету речей, завдяки чому до інформації мають централізований доступ усі підрозділи підприємства або підприємств, що входять до великої корпорації. При цьому будь-яка програмна або апаратна система, розроблена всередині компанії або придбана у постачальника, повинна бути стандартною і мати можливість підключатися до іншого обладнання незалежно від частоти оновлень. Завдяки діджиталізації відбулося значне збільшення обсягу прямих онлайн-продажів металопродукції, тоді як раніше збут здійснювався здебільшого через трейдерів або конкретному споживачеві лише великими партіями. Управління рахунками, запасами та закупівлею сировини і запчастин також відбувається в режимі реального часу, що дозволяє обрати найкращий варіант за ціною та способом транспортування і зменшити тим самим площу складських приміщень, скоротити час доставки, диференціювати постачальників тощо;

- використання предикативної аналітики, націленої на запобігання негативним ситуаціям (наприклад, поламок або простоїв устаткування), яка стає реальністю завдяки застосуванню цифрових двійників, великих даних, хмарних технологій тощо. На думку керівника проекту Smart Factory однієї з найбільших метатургійних компаній світу - південнокорейської «POSCO», дані дозволяють нам точно визначити, в якій саме операції і в якому місці стався дефект продукту. У яку зміну, в який день і за яких умов;
- зростання клієнтоорієнтованості, що означає відмову від роботи металургійних підприємств, коли продукція поставлялася великими партіями або безпосередньо споживачам, або на склади дистриб'юторів, та переорієнтацію на виконання найдрібніших замовлень клієнтів із розширенням продуктового портфеля, включаючи унікальну специфікацію для кожного споживача з наступним післяпродажним обслуговуванням. Виробники та клієнти постійно перебувають на зв'язку в режимі реального часу завдяки новим онлайн-платформам, що дозволяють споживачам відстежувати виконання замовлення та інші сервіси, а виробникам - збирати інформацію щодо вподобань та вимог покупців - як нинішніх, так і потенційних;
- зміни в корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній із винесенням та агрегуванням деяких функцій (фінанси, IT-сектор, ремонтні роботи, управління персоналом, закупівлями, збутом тощо) в окремих підрозділах, при якому відбувається чітке розподілення сфер відповідальності по управлінській вертикалі, що виключає дублювання та наявність «сірих зон«. Необхідна умова полягає у визнанні майбутніх змін та серйозному ставленні до них як з боку власників та менеджменту металургійних підприємств, так і представників органів державної влади;
- прискорення горизонтальної та вертикальної інтеграції ланцюжків створення вартості внаслідок посилення прямої співпраці між усіма контрагентами, мінімізуючи вплив посередників.

В Україні впровадження «розумних« технологій в організаційно-економічні сфері, як і в усьому світі, відбувається найбільш стрімко внаслідок усвідомлення невідворотності та кардинальної переорієнтації виробництва готової продукції на

запити клієнтів. Крім того, через суттєву експортоорієнтованість галузі українські металургійні підприємства не можуть залишатися осторонь пришвидшеної дигіталізації фінансово-логістичних операцій, притаманної зарубіжним контрагентам, що змушує їх вносити відповідні зміни в організаційну структуру компаній.

Наразі вітчизняні металургійні компанії впроваджують ERP-системи, призначені для автоматизації управління виробничими і фінансовими потоками, складськими запасами та отримання інформації про їх динаміку з різним ступенем охоплення і глибиною проникнення, що дозволяють значно прискорити збір й аналіз даних, оцінку потенційних ризиків, прийняття рішень, скоротивши одночасно кількість персоналу.

Смартизація в соціальній сфері діяльності металургійних підприємств відбувається швидше, ніж у виробничій, проте повільніше, ніж в організаційно-економічній, через проблематичність безапеляційного сприйняття новітніх технологій абсолютно всіма працівниками в усіх підрозділах компанії, які побоюються (небезпідставно) або втратити роботу, або суттєво змінити діяльність під натиском «розумних» машин.

Особливості впровадження смарт-рішень у цій сфері полягають у такому:

- безперервний розвиток цифрової культури, рівень якої наразі є недостатнім для всеосяжного використання розумних технологій;
- підвищення персональної відповідальності за прийняття рішень унаслідок посилення горизонтальної інтеграції по всьому ланцюжку створення вартості;
- посилення безпеки та поліпшення умов праці, особливо на виробництві. у результаті використання спеціального обладнання та зменшення фізичної присутності працівників на небезпечних ділянках.

На думку багатьох фахівців великих металургійних компаній, смартизація викличе не скорочення зайнятості, а скоріше зміни на ринку праці. Це потребує перезавантаження системи освіти та необхідності навчити людей не чинити опору постійним змінам на підприємстві, а виступати з ініціативами, потім беручи участь у їх упровадженні, оскільки саме працівники є «рушійною силою прогресу». За словами керівника проекту Smart Factory компанії «POSCO«, більша частина великого ноу-хау прихована в операторах або інженерах, і керівництво компанії намагається вивести це знання з їх голови і кодифікувати в щось, що можна назвати «інтелектом».

В Україні на сьогоднішній день практично відсутні зміни в соціальній сфері під впливом смарт-технологій. У майбутньому це може стати проблемою через незворотність таких змін, до яких галузь буде не готова. Крім того, немає комплексних централізованих програм адаптації та перекваліфікації металургійних працівників, які можуть вивільнитися внаслідок смартизації металургійної промисловості.

Основні наслідки смартизації металургійної промисловості

При визначенні перспектив і напрямів подальшого розвитку металургійної галузі важливо враховувати такі наслідки смартизації.

Позитивні:

- підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі за рахунок поліпшення якості продукції, скорочення витрат (особливо внаслідок зменшення енерго- та ресурсоємності), зростання екологічності виробництва

(у результаті поліпшення якості вхідної сировини та готової продукції, розвитку згідно з концепцією циркулярної економіки) та зниження травматизму (через широке використання на небезпечних ділянках машинної праці);
- зменшення кількості помилок, викликаних людським чинником, у результаті збільшення обсягу та переліку операцій з обробки даних, виконуваних за допомогою штучного інтелекту;
- кардинальна переорієнтація на запити клієнтів, відштовхування від портфеля замовлень при налаштуванні виробництва;
- більша синхронізація з іншими видами діяльності та суспільством через поглиблення участі всіх контрагентів у процесі створення, споживання та утилізації металопродукції (часто в режимі реального часу).

Негативні.

- збільшення труднощів при збереженні й експлуатації великих даних унаслідок посилення кібернетичних загроз, можливих помилок робітників, відповідальних за розробку програмного забезпечення та первинний збір точних даних і введення інформації в систему, можливого зосередження важелів управління у невеликій кількості компаній, відповідальних за розробку й обслуговування смарт-технологій;
- недостатня гнучкість реагування при виникненні позаштатних та форс-мажорних ситуацій через те, що використовувані автоматизовані системи управління, навіть якщо вони здатні до самонавчання. не можуть адекватно та креативно відповідати абсолютно на всі виклики;
- революційні зміни в чисельності, структурі та необхідній професійній підготовці робочої сили, що призводять до значного вивільнення кваліфікованих металургійних працівників, які не можуть знайти своє місце на сучасному ринку праці;
- недостатня кількість комплексних централізованих програм адаптації та перекваліфікації металургійних працівників.

Слід відзначити, що розподіл наслідків упровадження металургійних смарт-виробництв на позитивні та негативні є досить умовним, особливо якщо розглядати їх у коротко- і довгостроковій перспективі. Так, соціальна напруженість від змін на ринку праці через упровадження «розумних« технологій, що обов'язково виникне в короткостроковій перспективі, у довгостроковій підштовхне подальший розвиток інновацій та зменшить опір змінам, тоді як кібернетичні загрози з часом, навпаки, лише загострюватимуться. Крім того, наведеш наслідки здебільшого не є унікальними для металургійної промисловості та притаманні більшості галузей, економіці та суспільству загалом, однак від цього не стають менш значущими і потребують значної уваги.

В українській металургійній промисловості ефект від позитивних наслідків використання «розумних» технологій може бути нижчим через незадовільний стан галузі та загальну неготовність країни до сприйняття впроваджуваних смарт-рішень. Загальне відставання у масштабах, швидкості та глибині використання смарт-технологій в економіці та суспільстві посилює залежність української металургії від зарубіжних розробок та нав'язує наздоганяючу стратегію розвитку.

Унаслідок загального відставання України за рівнем інноваційної активності та негативних тенденцій у розвитку металургії процес розробки й упровадження смарт-рішень у галузі перебуває на початковому етапі порівняно з провідними країнами.

Великі металургійні підприємства, які є «локомотивами» галузі, повільно переходять до використання «розумних« технологій. Як окремі приклади можна назвати компанію «Інтерпайп», яка через переорієнтацію на зарубіжні ринки збуту з більш жорсткими умовами виконання замовлень була змушена змінити підхід до роботи, побудувавши єдине інформаційне управлінське середовище за допомогою впровадження комплексної ERP-системи IT-Enterprise. Це дозволило забезпечити простежуваність стану виконання замовлень у режимі онлайн на всіх етапах виробництва, скоротити час ідентифікації продукції під чає технологічного процесу, автоматизувати облік використання обладнання і його простоїв, підвищити швидкість документарного оформлення тощо. Іншим прикладом є «Метінвест», який для забезпечення централізованого управління підприємствами, що входять до холдингу, по всьому виробничому ланцюжку та створення єдиного інформаційного простору трансформував IT-службу в окрему компанію «Метінвест Діджитал», основним видом діяльності якої є консультаційні послуги у сфері комп'ютерних технологій.

З урахуванням дуже низького рейтингу України щодо розвитку інституційного середовища в контексті готовності виробництва до четвертої промислової революції, включаючи роботу уряду, ефективність регуляторної діяльності, рівень корупції, орієнтацію уряду на майбутнє та верховенство права, необхідно акцентувати увагу на першочергових кроках з удосконалення державного регулювання та нормативно-правового забезпечення розвитку металургійної промисловості на смарт-засадах, до яких слід віднести:

- розробку довгострокової «Стратегії розвитку металургійної промисловості України» як рамкової державної галузевої ініціативи щодо загального бачення та пріоритетних цілей становлення смарт-металургії з визначенням прозорих напрямів розвитку галузі, в реалізації яких зацікавлена держава та які надалі матимуть її підтримку;
- удосконалення «Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки», а саме розширення терміну дії документа (принаймні на 10 років) та виокремлення напрямів цифровізації різних видів економічної діяльності;
- розробку на основі чинної «Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року» плану дій щодо визначення напрямів і способів розв'язання галузевих проблем інноваційного розвитку;
- створення окремого центрального органу виконавчої влади для забезпечення формування та реалізації державної промислової політики, що підвищить інституційну спроможність вирішення питань промислового розвитку України на основі чіткого визначення владного суб'єкта, який безпосередньо опікуватиметься проблемами галузевої діяльності, зокрема металургійної промисловості.

Поступовому зменшенню розриву у смартизації вітчизняної металургійної промисловості порівняно зі світовими лідерами може сприяти переведення розвитку металургійних підприємств і державної галузевої політики у площину «довгих інтересів» на основі державно-приватного партнерства з наданням пріоритету

розробці й подальшому комерційному впровадженню інновацій в усіх сферах економіки країни. Це допоможе точніше визначити та реалізувати стратегічні напрями діяльності галузі, які б відповідали як найсучаснішим трендам становлення «розумної» металургії, так і цілям й інтересам усього суспільства, а також вирішити проблему обсягів і пріоритетних напрямів фінансування та державної підтримки науково-технологічних і соціально-економічних змін у процесі становлення смарт-виробництв.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте перспективні сфери та потенційну ефективність використання технологій смарт-промисловості.
2. Поясніть бар'єри та ризики розвитку смарт-промисловості.
3. Обґрунтуйте напрями розвитку смарт-промисловості в Україні.
4. Проаналізуйте проблеми і напрями становлення смарт-виробництв у галузях промисловості.
5. Аргументуйте передумови, проблеми та напрями розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах.

Розділ 3
СВІТОВИЙ ДОСВІД СТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ СМАРТ-ВИРОБНИЦТВ

3.1 Провідні тенденції та виклики розвитку світової металургії

Огляд стану і тенденцій розвитку світової металургії засвідчив, що головними галузевими трендами останнього двадцятиріччя, які закріпилися у 2013-2017 рр. та, на думку більшості міжнародних експертів, надалі залишатимуться актуальними, є такі:

1. ***Безпрецедентне зростання обсягів металовиробництва на тлі постійного перевищення виплавки металу над його споживанням і розширення металургійних потужностей***

За двадцятирічний період (з 1998 по 2017 р.) обсяг виплавки сталі зріс більш ніж у 2 рази - з 777 до 1690 млн т, ще у 2004 р. перетнувши позначку 1 млрд т. Найбільш сприятливим періодом зростання для світової металургії були 2000-2007 рр., тоді як у 2008-2009 рр. ситуація кардинально змінилася внаслідок світової фінансово-економічної кризи (падіння у 2009 р. порівняно з 2007 р. становило майже 8% і значно варіювалося залежно від країни та регіону). Наразі рівень розвитку галузі так і не досяг докризового стану, значно поступаючись у темпах зростання, які у 1998-2007 рр. у середньому становили 105,4% на рік, тоді як у 2008-2017 рр. - лише 102,5%, а у 20132017 рр. - 101,7%, що було викликано головним чином загальним спадом у світовій економіці.

При цьому обсяги загального споживання готової металопродукції у світі відстають від обсягів випуску металу, що спричинило одну з найбільших проблем розвитку сучасної металургії - перевиробництво, тобто перевищення виробництва над споживанням (рис. 3.1).

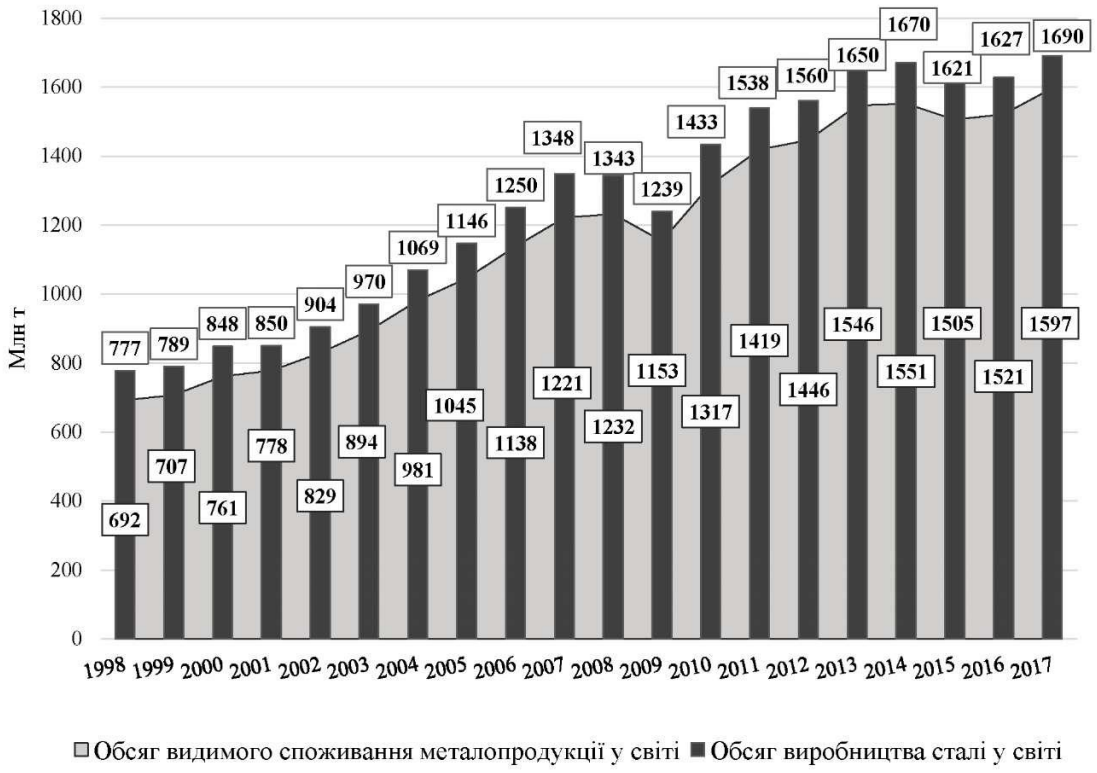


Рисунок 3.1 - Динаміка обсягів виробництва та видимого споживання металу у світі

Протягом 1998-2017 рр. у світі постійно спостерігався профіцит металу, який підвищувався разом зі збільшенням обсягів виплавки сталі та дещо знижувався під час кризових для галузі років (рис. 3.2). Найбільш помітно профіцит зростав у 2004-2007 рр., коли світова кон'юнктура була для металургійної промисловості дуже сприятливою, спонукавши металовиробників розширювати експорт і нарощувати виробничі потужності, а також у післякризовому 2010 р., проте в цьому випадку причиною була низька база для порівняння. Частка профіциту в загальному обсязі виробництва металу в середньому становила 8,1%, або 99,5 млн т.

Незважаючи на постійну проблему перевиробництва металу протягом аналізованого періоду, у світі здебільшого продовжували зростати

сталеплавильні потужності, оскільки вони «.. .за своєю природою потужності повільніше реагують на ринкові умови, ніж виробництво».

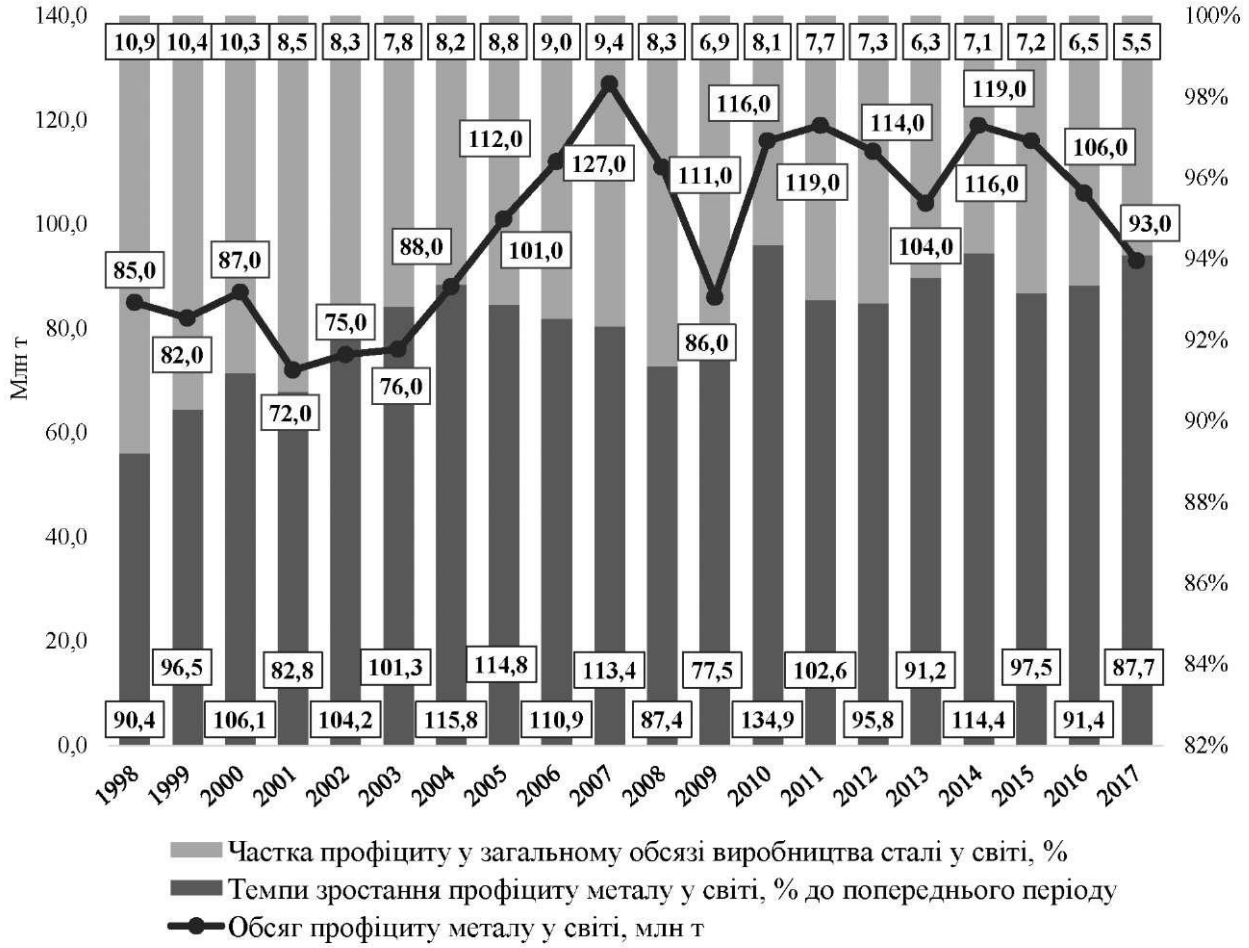


Рисунок 3.2 - Динаміка профіциту металу у світі

Зменшення обсягу металургійних потужностей почало спостерігатися лише у 2016 р. унаслідок збереження досить стриманих прогнозів щодо пожвавлення глобального економічного розвитку, до яких галузь змушена пристосовуватися. З цієї ж причини рівень завантаженості виробничих потужностей мав понижувальну тенденцію, починаючи з 2011 р., і досяг свого історичного за двадцять років мінімуму у 2015 р. - 69,4% (рис. 3.3).

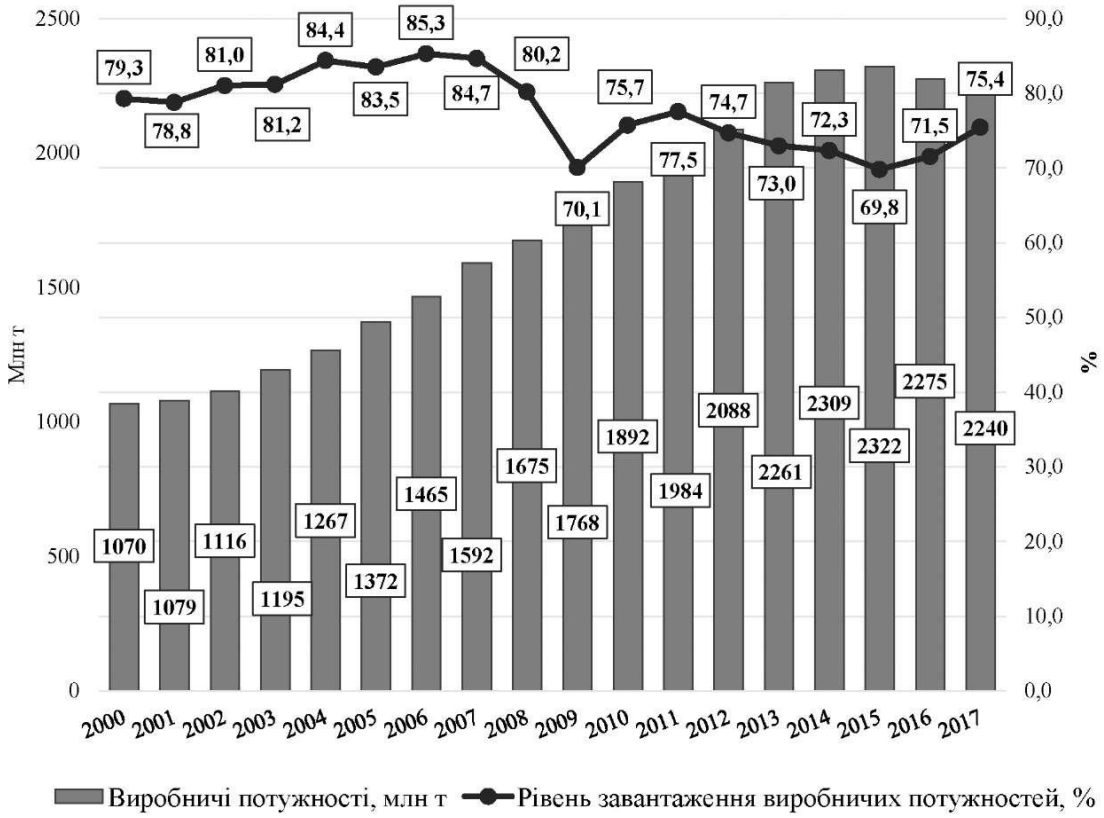


Рисунок 3.3 - Динаміка виробничих потужностей з виплавки сталі та рівень їх завантаження у світовій металургії

Головною причиною утворення сталевого профіциту в більшості країн та регіонів виступає зростаючий обсяг надлишкових сталеплавильних потужностей, тобто різниця між номінальними виробничими потужностями та фактичними обсягами виробництва сталі. їх наявність у регіонах, де все ж таки спостерігався дефіцит металу внаслідок як значних обсягів споживання металопродукції (Близький Схід), так і зниження обсягів виробництва (Північна Америка, Африка), не може вирішити проблему шляхом повного завантаження потужностей через економічні, інноваційні та соціальні чинники, основними серед яких є більш низька вартість імпортованої металопродукції або її вища якість чи унікальний сортамент.

Унаслідок цього проблема надлишкових виробничих потужностей у металургії постає на порядку денному таких впливових міжнародних організацій, як Велика двадцятка, Комітет зі сталі ОЕСР, Глобальний форум з надлишкових сталеплавильних потужностей. Членами останнього у листопаді 2017 р. було визначено заходи, спрямовані на обмеження обсягу сталеплавильних потужностей із дотриманням учасниками металоринку принципів вільної торгівлі, відмови від субсидій і заходів державної підтримки, які викривляють ринок, та уніфікації «ігрового поля».

Однак, незважаючи на здійснені кроки, повного консенсусу країни досягти так і не змогли. Головні розбіжності, які виникли між найбільшими нетто-експортером та нетто-імпортером металопродукції у світі - Китаєм та США відповідно, здебільшого стосувалися проблем вивільнення робітників та надання субсидій державним металургійним підприємствам.

Протягом аналізованого періоду у світовій металургії спостерігалося зростання концентрації виробництва, сталеплавильних потужностей, споживання й експорту металопродукції в десяти країнах-лідерах з виплавки металу, частка яких у світовому випуску сталі перевищує 80%, та в Азіатському регіоні в цілому через китайську «експансію» (виключення становить лише імпорт металу через існування великої кількості країн, які не мають розвиненого металургійного виробництва, тому змушені закуповувати сталеву продукцію на зовнішніх ринках). Наслідком є суттєве загострення конкуренції між цими державами, що потребує пошуку нових, більш «креативних» рішень щодо виробництва та збуту продукції, які б не тільки поліпшували традиційні результати функціонування галузі, але і відповідали інноваційним упровадженням у металоспоживаючих видах діяльності та задовольняли сучасні вимоги суспільства.

2. *Кардинальна зміна географічної структури виробництва та споживання металопродукції зі зміщенням «центрів» виплавки і торгівлі металом*

Перше місце на глобальному металоринку за обсягами всіх традиційних показників посідає Азіатський регіон на чолі з Китаєм. Останній за двадцятирічний період збільшив виробництво сталі приблизно у 7,5 раза і має майже половину загальносвітового обсягу її виплавки. Крім Китаю, домінування Азії на світовому металоринку забезпечили Індія, яка в аналізованому періоді у чотири рази наростила виробництво металу, Японія, Південна Корея і Тайвань, які у 1998-2017 рр. зберегли позиції одних із найбільших виробників та споживачів сталі, а також нові гравці - В'єтнам, Таїланд, Філіппіни, Індонезія, Малайзія.

Високі темпи зростання (більш ніж у три рази) також демонстрували арабські країни Близького Сходу та Північної Африки, лідерами серед яких є Іран, Пакистан, Саудівська Аравія, Єгипет.

Традиційні металургійні регіони - ЄС, СНД та Північна Америка - дещо втратили свої позиції на світовому ринку внаслідок як азіатсько-китайської «експансії», так і внутрішніх проблем, однак зберегли вплив у споживанні металу та металоторгівлі. Лідерство в ЄС історично належить таким державам, як Німеччина, Італія, Франція, Іспанія, Великобританія, Бельгія та Нідерланди, які зберігають позиції і як виробники, і як споживачі металопродукції. Останнім часом до них приєдналися Чехія, Польща та Словаччина. У СНД першість належить Росії та Україні (за обсягами виробництва), від яких значно відстають Казахстан та Білорусь; у Північній Америці - США, Мексиці та Канаді, де найшвидше зростання демонструвала Мексика.

У Південній Америці спостерігаються здебільшого позитивні темпи зростання металургійної промисловості, однак відбувається це в основному за рахунок Бразилії, яка входить у десятку найбільших світових металовиробників. Тому вплив регіону на світовий металоринок є досить обмеженим на тлі серйозної конкуренції з боку країн USMCA (колишня НАФТА) та Китаю.

Океанія під тиском азіатських конкурентів знизила і до цього невеликий внесок у світове металовиробництво та на сьогоднішній день не є значимим гравцем на глобальному ринку.

На рис. 3.4, 3.5 наведено структуру виробництва та споживання металопродукції за основними регіонами світу з виокремленням Китаю як регіонального та світового лідера галузі з виплавки та використання сталі.

Географічна структура глобальної металоторгівлі також зазнала суттєвих змін у 1998-2017 рр., однак мала відмінності порівняно з регіональними особливостями виробництва та споживання сталевих виробів.

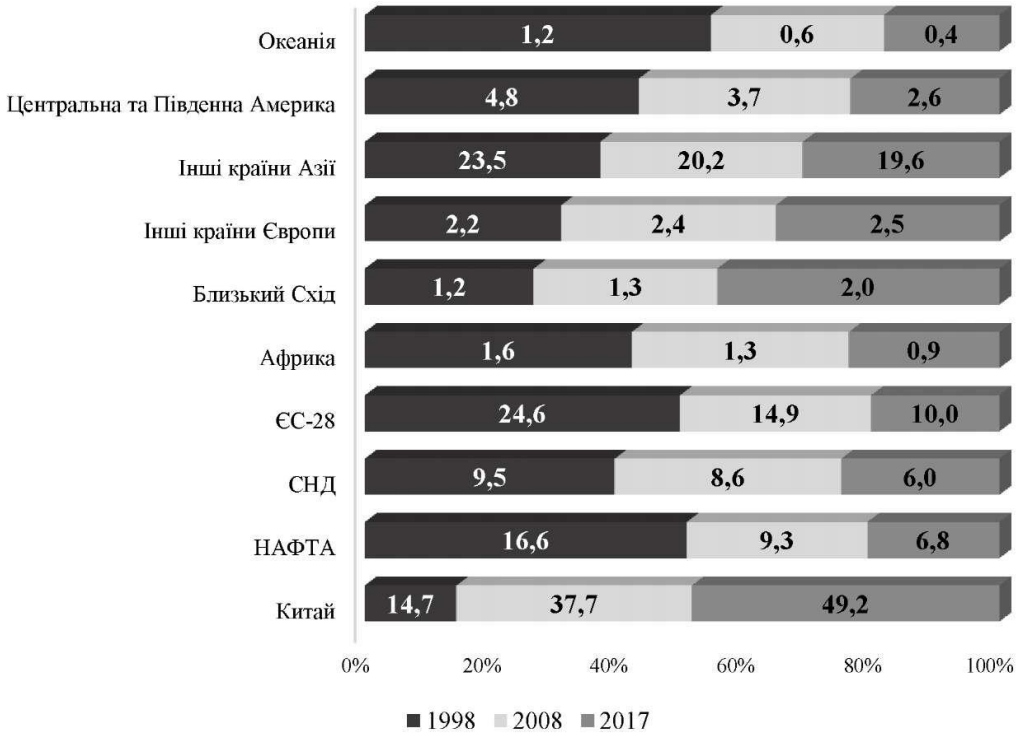


Рисунок 3.4 - Географічна структура світового виробництва металопродукції

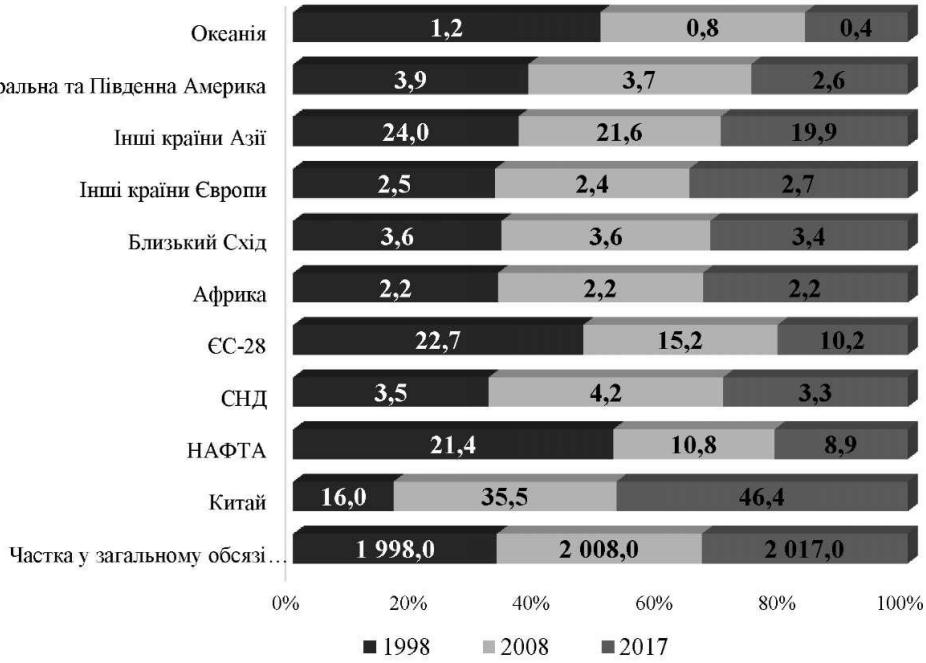


Рисунок 3.5 - Географічна структура світового споживання металопродукції

Передусім необхідно звернути увагу на те, що в міжнародній металоторгівлі значну роль завжди відігравали розвинуті країни Європи, Азії та Північної Америки, які входили якщо не в десятку, то у двадцятку найбільших експортерів. Головними

причинами їх стійких позицій на світовому ринку є як чималі обсяги виробництва, так і якість та сортамент виробленої продукції, які не змогли запропонувати інші великі експортери, включаючи Китай, Індію, Росію та Україну.

З 2006 р. найбільшим світовим експортером і нетто-експортером металу став Китай, який наразі з великим відривом не просто зберігає глобальні позиції, але і протягом аналізованого періоду нарощує свою присутність на всіх зовнішніх ринках в основному за рахунок розширення металургійних потужностей та збільшення обсягів виробництва на тлі більш низької собівартості продукції. Однак частка КНР-експортера у світовому вимірі у 2-3 рази нижча частки КНР-виробника та споживача металопродукції та в 2017 р. становила лише дещо більше 16%.

До найбільших нетто-експортерів металу у світі, крім Китаю, у 2017 р. входили Японія, Росія, Україна, Бразилія, Південна Корея, Індія, Тайвань, Іран та Бельгія.

У регіональному розрізі першість також належить Азії, однак порівняно з виробництвом, сталеплавильними потужностями та споживанням частка регіону в загальносвітовому обсязі експорту металопродукції значно нижче (приблизно 40%), хоч і збільшилася удвічі на двадцятирічний період. Велику роль усе ще відіграє Євросоюз, який у 2017 р. займав третину світового металоринку, проте його питома вага зменшилася на 1 0% в аналізованому періоді через скорочення обсягів виплавки металу. Великим експортером виступає СНД, на яку припадає більше 10% експорту, однак регіон також дещо поступився своїми позиціями Азії, знизивши частку на металоринку за 1998-2017 рр. приблизно на третину (рис. 3.6).

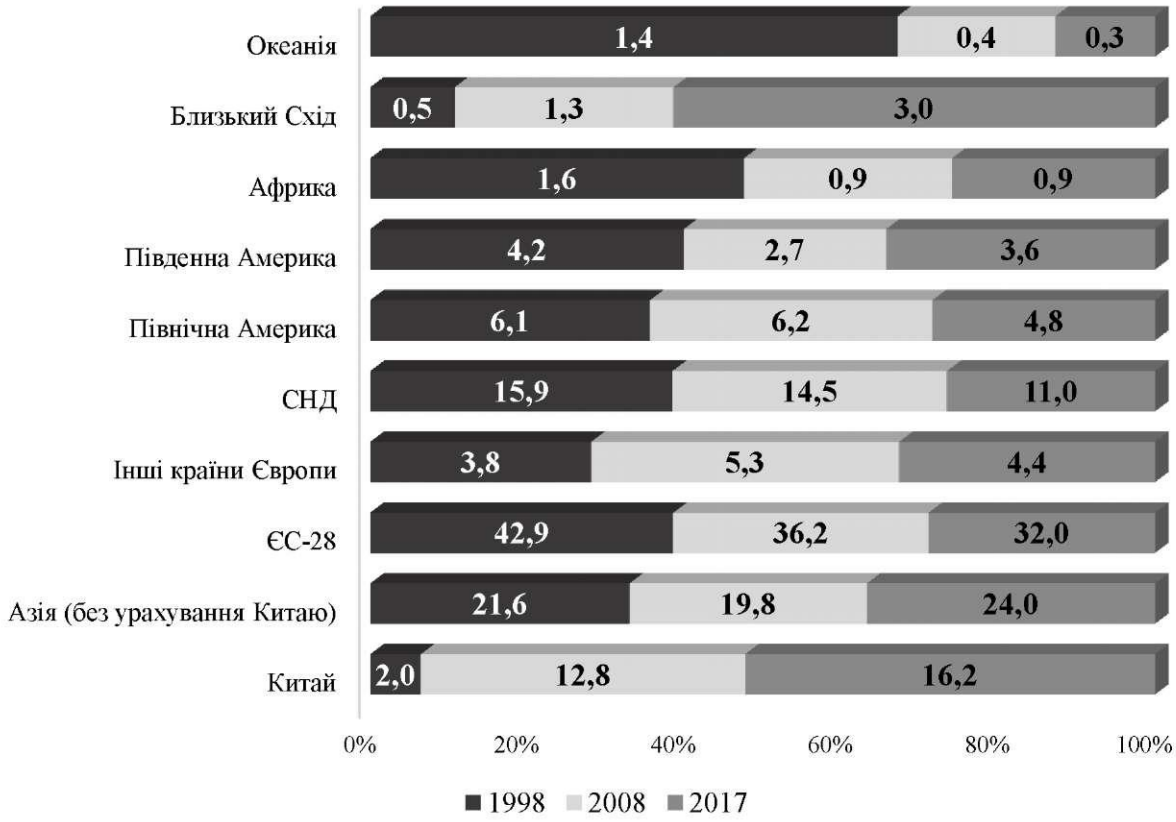


Рисунок 3.6 - Географічна структура світового експорту металопродукції

Головним імпортером та нетто-імпортером сталевої продукції у світі є США, які зберігають першість протягом двадцяти років та займають майже 8% світового ринку внаслідок як значних обсягів використання металопродукції для подальшої

переробки у металоспоживаючих галузях, так і скорочення власного металовиробництва.

Істотні зовнішні закупівлі металу також традиційно притаманні розвинутим країнам Європи та Північної Америки, до яких останнім часом приєдналися азіатські та арабські країни, що швидко розвиваються.

Крім США, провідними нетто-імпортерами металопродукції у 2017 р. були Таїланд, В'єтнам, Індонезія, Мексика, Філіппіни, Малайзія, Алжир, Польща. Це свідчить про зростання споживання металу в азіатських і арабських країнах та зміщення металоринків із найбільшою ємністю до Близького Сходу, Північної Африки та Південно-Східної Азії.

У регіональному розрізі провідними імпортерами виступають країни ЄС, що традиційно ввозять більше 150 млн т металопродукції та займають третину глобального ринку Азії, де першість перейняли Таїланд, В'єтнам, Індонезія, та Північної Америки, частка якої у світовому вимірі становить більше 10% через постійний брак сталевої продукції в регіоні. Відносно новими імпортерами через зростання дефіциту металу є арабські країни Близького Сходу та Північної Африки. Інші країни Європи за рахунок Туреччини також наростили обсяги ввезення металопродукції, тоді як СНД та Океанія за минуле десятиліття втратили позиції порівняно з іншими регіонами, хоча в натуральному вираженні обсяги імпортованого металу тут збільшилися (рис. 3.7).

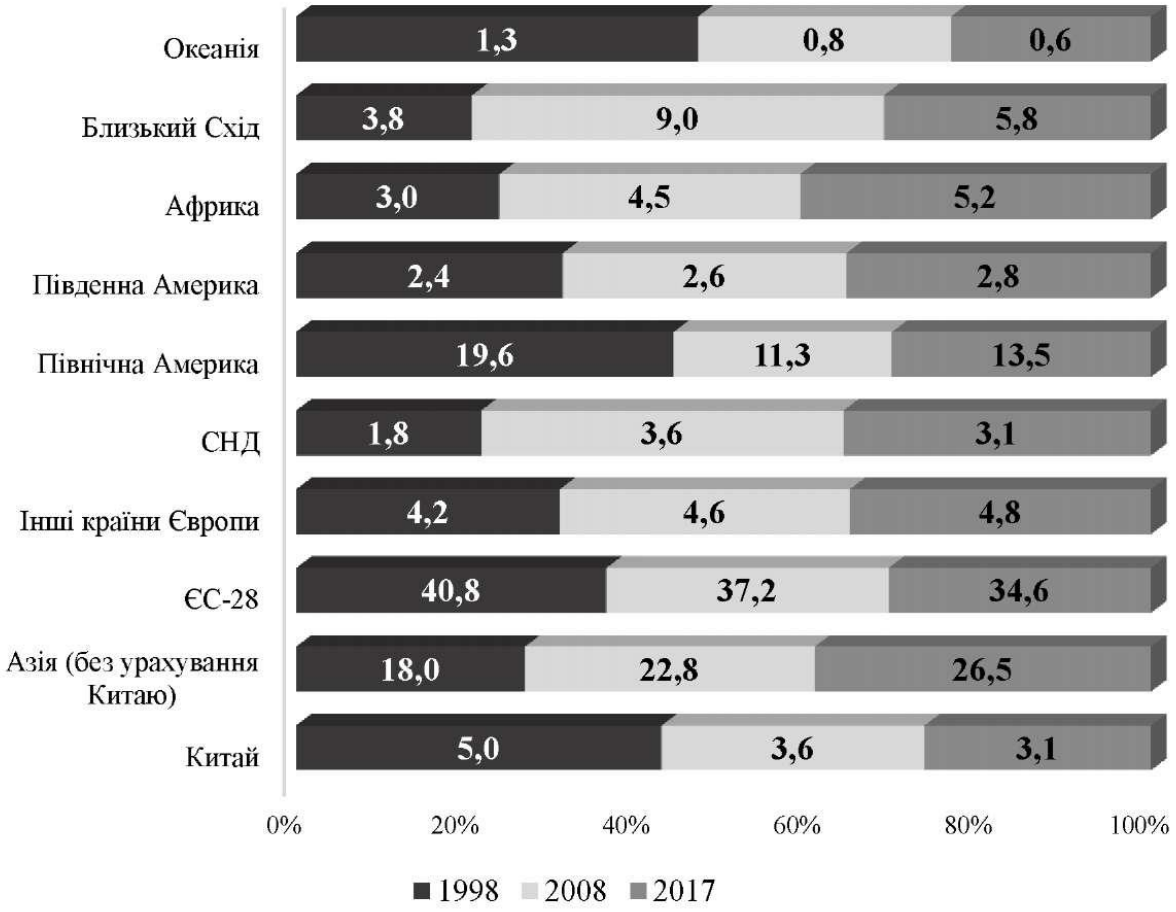


Рисунок 3.7 - Географічна структура світового імпорту металопродукції

3. *Підвищення спроможності галузі до генерації та впровадження інновацій, коли сталь усе частіше стає частиною ланцюжків доданої вартості та виступає постійним матеріалом у циркулярній економіці*

За словами генерального секретаря ОЕСР А. Гурріа, «... сталь усе частіше стає частиною ланцюжків доданої вартості (GVC), оскільки виробництво і торгівля металопродукцією дедалі більше поширюються на додану вартість, а не просто на обсяги і тонни. Більше того, генерація вартості по сталевому ланцюжку прогресивно пов'язана з якістю вироблених товарів. Патентні дані вказують на те, що сталевий сектор далекий від сплячого стану, він має значні інновації як щодо виробничих процесів, так і характеристик металовиробів. Діджиталізація може відіграти ключову роль. На металургійних заводах уже впроваджуються інтелектуальні виробничі системи: наприклад, автоматичний контроль сталеплавильних печей і станів сприяє скороченню потреб у паливі, підвищенню продуктивності праці та безпеки працівників, що сьогодні є найважливішим пріоритетом для металургійних компаній. Найголовнішим же є те, що все це окупається. Металургійні компанії, які зосередили основну увагу на якості, а не на обсязі, як правило, витримували спад економіки більш ефективно, ніж інші підприємства».

У сучасних умовах металургійна промисловість, як і більшість промислових виробників, стикається з двома серйозними взаємопов'язаними викликами - необхідністю підвищення екологічності та ресурсоефективності виробництва.

Сьогодні на кожну тонну виплавленої сталі в середньому викидається близько 1,8 т вуглекислого газу (CO_2). За даними Міжнародного енергетичного агентства, на чорну металургію припадає приблизно 6,7% загальних світових викидів CO_2, і подальше їх зниження стикається із суто технологічними обмеженнями. Використання енергії на виробництво 1 т сталі хоч і знизилося за останні 50 років на 60%, але не може бути повністю припинене внаслідок того, що метал - матеріальна субстанція, він не виробляється «з повітря» і «за допомогою повітря».

Однак у даному випадку слід звернути увагу не тільки на обсяги викидів забруднюючих речовин та використання палива, але і на здатність металу бути постійним матеріалом у циркулярній економіці та можливість металургії підтримувати циркулярну економіку шляхом просування 4R-підходу (Reduce - Reuse - Remanufacture - Recycle).

Сталь на 100% переробляється. Тобто якщо відмовитися від автомобіля, то метал із нього може бути перероблений не тільки на новий автомобіль, а також застосований у техніці, яку використовують для випуску цього ж автомобіля. Переробка економить як природні ресурси, так і енергію, і чим більше сталі переробляється, тим більше зберігається довкілля. Також виробництво металу з брухту потребує лише близько третини енергії, необхідної для виробництва сталі із залізної руди. Світові показники відновлення сталі за секторами оцінюються у 85% для будівництва, 85% - для автомобілебудування (приблизно 100% у США), 90% - для машинобудування та 50% - для електро- та побутової техніки. Проте через тривалий термін експлуатації металопродукції та високий попит на сталь брухту часто не вистачає. Середній термін служби сталевих виробів становить приблизно 45 років. Час переробки може варіюватися від декількох тижнів у випадку сталевої упаковки до 15-20 років у випадку транспортних засобів і 50-100 років у випадку

інфраструктури та будівель. Тому галузь має постійно збалансовувати загальний обсяг і витрати на залізну руду, вугілля та брухт, щоб забезпечити якісний метал, який відповідає вимогам замовників.

Застосування 4R-підходу у металургійному виробництві означає: зменшення кількості матеріалу, енергії та інших ресурсів, що використовуються для виплавки сталі, та кількості металу, який використовується в іншій продукції; повторне використання об'єкта або матеріалу для первинної або аналогічної мети, без суттєвої зміни його фізичної форми; відновлення довговічних сталевих виробів у новому стані; переробку металопродукції в кінці корисного строку її використання для створення нових сталей.

Оскільки населення Землі продовжує невпинно зростати і його чисельність за даними ООН у 2030 р. складатиме 8,6 млрд чол., у 2050 р. - 9,8, у 2100 р. - 11,2 млрд чол., світ очікує подальша швидка урбанізація з необхідністю економії ресурсів і зниження тиску на довкілля. Важливим аспектом розвитку металургійної промисловості в цьому контексті є можливість запропонувати для кожної з перелічених сфер діяльності відповідне рішення.

Так, в автомобілебудуванні все більшого застосування набувають нові марки передових високоміцних сталей (Advanced High-Strength Steels - AHSS), які дозволяють знизити вагу автомобіля на 25-39%, або на 170-270 кг, що відповідає економії у 3-4,5 т парникових газів протягом усього життєвого циклу транспортного засобу. Таке скорочення викидів є більшим, ніж загальна кількість вуглекислого газу, який виділяється при виробництві сталі, потрібної для випуску автомобіля. AHSS використовують такі великі автовиробники, як Chevrolet, Kia, Volkswagen та ін., а більшість металургійних компаній, зокрема ArcelorMittal, інвестують значні суми в розробку високоміцних сталей нових поколінь.

Іншим прикладом є суттєве зменшення втрат води за рахунок використання нержавіючої сталі у водорозподільних системах великих міст. Уперше сервісні труби повністю було замінено в Токіо, де кожна труба, що з'єднувала магістральну трубу великого діаметра з вузькими побутовими та комерційними трубами, тепер була виготовлена з нержавіючої сталі. Це привело до зменшення зареєстрованих втрат води на 15% (з 17 до 2%) та економії приблизно 200 м води і майже 4 млрд дол., у тому числі завдяки скороченню кількості ремонтів, замін і технічного обслуговування. Наразі подібні інфраструктурні проекти реалізуються в таких великих містах, як Сеул і Тайбей.

У зв'язку з важливістю проблем екологічності й енергоефективності виробництва металовиробники приділяють значну увагу технології, з використанням якої відбувається виплавка та розливання сталі (табл. 3.1), оскільки це безпосередньо впливає на собівартість продукції, рівень її якості та обсяг викидів шкідливих речовин.

Найбільш використовуваним способом виробництва сталі у світі за обсягами виплавки є киснево-конвертерний. Його переважно застосовують країни, які є великими виробниками металу, мають довгу історію діяльності сталеливарної галузі, що розпочалася ще у XIX ст., та пройшли весь шлях розвитку й удосконалення металургійних технологій. Серед них - більшість країн ЄС (Австрія, Бельгія, Великобританія, Нідерланди, Німеччина, Польща, Румунія, Словаччина, Угорщина, Фінляндія, Франція, Чехія, Швеція), найбільші металовиробники країн СНД (Казахстан, Росія, Україна), Китай, Японія, Південна Корея, Бразилія, Аргентина,

Парагвай, Чилі, Алжир, Південно-Африканська Республіка (ПАР), Австралія, Нова Зеландія. В Аргентині, Канаді, США та Індії також від 40 до 60% сталі виробляється в конвертерах.

Таблиця 3.1 - Технологічна структура виробництва сталі у світі у 1998, 2008 та 2017 рр., % від загального обсягу виробництва

Регіон	Спосіб виробництва сталі									Частка безперервного розливання сталі		
	киснево - конвертерний			електросталеплавильний			мартенівський					
	1998	2008	2017	1998	2008	2017	1998	2008	2017	1998	2008	2017
ЄС-28*	63,7	58,0	59,7	35,4	41,6	40,3	0,9	0,3	-	90,5	96,3	96,5
Інші країни Європи	35,6	28,2	32,7	64,0	71,8	67,3	0,4			95,7	100	100
СНД	54,8	54,7	66,9	12,3	23,2	26,9	32,9	23,7	6,2	39,7	62,8	77,0
Північна Америка	52,6	42,4	32,6	47,4	57,6	67,4	-	-	-	95,0	97,1	95,6
Південна Америка	66,7	62,8	68,6	32,1	36,0	30,2	-	-	-	82,8	94,8	98,3
Африка	56,0	35,5	32,9	43,2	64,5	67,1	-	-	-	93,1	98,5	100
Близький Схід	24,3	11,9	6,5	75,7	88,1	93,5	-	-	-	100	100	100
Азія	60,8	76,6	81,2	29,1	23,1	18,3	3,0	0,1	-	82,4	95,9	97,5
Океанія	85,5	79,8	79,5	14,5	20,2	20,5	-	-	-	99,5	99,2	100
Світ загалом	59,1	65,9	71,4	33,6	32,0	27,9	4,5	2,1	0,4	83,4	93,4	96,2

Складено за даними: Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 11-12, 20, 23-24, 26. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5-4b46- 4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (дата звернення: 02.06.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 16-17, 28-29, 32-33, 35. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520 statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2019).

* У 1998 р. - ЄС-27.

Електросталеплавильний спосіб виробництва сталі, який є більш новим для галузі, використовує більша кількість країн, однак за обсягами виплавки він поступається киснево-конвертерному через те, що ці виробники не є великими. До них належать країни Близького Сходу та Африки (за винятком ПАР), невеликі країни Євросоюзу (Болгарія, Греція, Люксембург, Португалія, Словенія, Хорватія), Норвегія, Швейцарія, Балканські країни (Албанія, Боснія і Герцеговина, Македонія, Чорногорія), деякі країни СНД (Азербайджан, Білорусь, Молдова, Узбекистан), більшість країн Азії (Бангладеш, Індонезія, Малайзія, Монголія, М'янма, Пакистан, Філіппіни, Сінгапур, Шрі-Ланка, Таїланд) та Центральної та Південної Америки (Куба, Гватемала, Сальвадор, Еквадор, Уругвай, Венесуела, Перу). Електродугові печі також переважно використовують Італія, Іспанія, Туреччина, Мексика, Колумбія, В'єтнам. Останнім часом активно впроваджують цей спосіб виробництва Аргентина, США, Канада та Індія.

Мартенівський спосіб виплавки сталі у світовій металургії сьогодні майже не використовується. Переважна більшість країн відмовилася від енергоємних мартенівських печей наприкінці 1990-х - на початку 2000-х років. Так, Єгипет, останній в Африці, відмовився від мартенівського способу з 1998 р., Азербайджан, Казахстан та Бангладеш - з 1999, Грузія та Румунія - з 2000, Китай та Чехія - з 2002, Польща - з 2003, Філіппіни - з 2004, Боснія і Герцеговина - з 2005, Латвія, остання з країн Євросоюзу, - з 2011, Білорусь та Узбекистан - з 2012, Індія, остання серед

азіатських країн, - з 2015 р. При цьому більшість країн, що вивели з обігу мартени (Латвія, Білорусь, Бангладеш, Азербайджан, Філіппіни, Єгипет), майже на 100% перейшли на електросталеплавильний спосіб виробництва.

Таким чином, з 2015 р. мартенівський спосіб виплавки сталі використовують лише дві країни у світі - Росія та Україна. Причому в Росії цей показник з 2014 р. становить менше 3%, постійно знижуючись, тоді як в Україні мартенівська сталь у загальному обсязі виробництва займає п'яту частину, що негативно позначається на її ефективності та конкурентоспроможності.

Головними викликами, зумовленими впливом вищезазначених тенденцій, з якими стикається галузь у глобальному масштабі, є:

- перевиробництво металу внаслідок наявності та постійного зростання сталеплавильних потужностей, у тому числі за рахунок урядової підтримки метпідприємств;
- нестабільність торгівлі металопродукцією через структурні диспропорції в розвитку світової економіки, непрозорість ринків, яка викривлює «ігрове поле» і заважає вільній конкуренції, та втрати або зміни основних ринків збуту для багатьох металовиробників унаслідок кардинальних змін у географічній структурі виробництва та споживання сталевих виробів;
- необхідність дотримання курсу на охорону довкілля, економію невідновлюваних природних ресурсів, забезпечення безпеки праці та соціальної захищеності робітників унаслідок зростаючого обсягу виробництва металу, що потребує більше вхідних матеріалів, вивільнення працівників через виведення надлишкових сталеплавильних потужностей і небезпечні умови праці.

Ці виклики потребують від сучасної металургійної промисловості відповідних рішень, основу яких здебільшого становить упровадження довготривалих інноваційних розробок з акцентом на діджиталізації та становленні «розумних» (смарт) виробництв, що сприятиме зменшенню навантаження на довкілля, енерго- та ресурсоємності виробничого процесу, задоволенню як індивідуальних вимог клієнтів, так і суспільства загалом.

3.2 Історичні передумови, актуальність і необхідність розвитку смарт-виробництв у металургійній промисловості

Історичними передумовами становлення металургійних смарт-виробництв можна вважати те, що галузь успішно розвивалася протягом усіх промислових революцій, упроваджуючи їх провідні досягнення у виробничій, організаційно-економічний та соціальній сферах, а метал залишається одним з основних конструкційних матеріалів у світі.

Розпочавши діяльність ще за стародавніх часів, металургійна промисловість пройшла довгий шлях удосконалення виробництва, продукції та відносин із суспільством, який триває і зараз, набуваючи прискорених темпів з кожною наступною промисловою революцією, коли час між якісним стрибком у розвитку галузі скоротився з тисячоліть і століть до кількох десятиліть або навіть років. Якщо процес отримання сталі шляхом збагачення заліза вуглецем був широко розповсюджений ще у I тисячолітті до н.е., то доменні печі з'явилися в Англії лише у XIV ст. н.е., тоді як тигельна плавка та пудлінгування - вже в середині та наприкінці

XVIII ст. під час першої промислової революції (хоча тигельна плавка була відома в Китаї ще у X ст.).

Подальший розвиток галузі був досить інтенсивним: у другій половині XIX ст. у контексті другої промислової революції з її масовим виробництвом та електрифікацією було винайдено бесемерівській, мартенівський та томасівський процеси виплавки металу, які дозволили значно збільшити обсяги виробництва. Наступним кроком стало впровадження приблизно за 50 років кисневого дуття та безперервної розливки сталі.

Третя промислова революція ознаменувала подальше збільшення продуктивності внаслідок активної автоматизації виробництва, використання інформаційних технологій і найсучаснішої електроніки; широкого розповсюдження набули електродугові та індукційні печі, спеціальна електрометалургія, пряме відновлення заліза тощо, які дозволили значно поліпшити якість виплавленого металу та знизити його собівартість.

Майбутній розвиток галузі в контексті четвертої промислової революції має неабиякий потенціал у частині подальшої оптимізації виробничого процесу, інтенсивної взаємодії між бізнес-партнерами та співробітниками, задоволення суспільних інтересів і відбуватиметься на основі кіберфізичних виробничих систем, які передбачають самостійний обмін даними між «розумними» машинами, складськими системами і технічним обладнанням.

На сьогоднішній день метал є одним із найуживаніших товарів, що застосовується на багатьох ринках кінцевого споживання. За даними Worldsteel, у 2017 р. 51% виплавленої у світі сталі використовувалося у секторі будівництва та інфраструктури, включаючи будівництво житла, залізниць, мостів та зеленої енергетики; частка механічного обладнання становила 15%, автомобілебудування - 12, металевих виробів, що складаються зі споживчих та інших товарів, - 11, іншого транспорту, включаючи суднобудування та поїзди, - 5, побутової техніки та електричного обладнання - по 3% на кожну позицію.

Сталь є критичним матеріалом при виробництві металевих виробів, залізничних колій, механічного обладнання, розподіленні та транспортуванні електроенергії, води тощо, і навіть якщо виріб не виготовлений із сталі, цілком імовірно, що він був вироблений за допомогою машин, виготовлених зі сталі.

Перевагами металу виступає його довговічність за умови належного технічного обслуговування (від 40 до 100 років і довше), найбільш економічне та найвище співвідношення міцності й ваги будь-якого будівельного матеріалу, вища екологічність унаслідок можливості повної переробки тощо.

Крім того, металургія надає побічні продукти, які, у свою чергу, знаходять застосування у хімічній промисловості, енергетиці, будівництві, сільському господарстві, тобто виступає невід'ємною частиною глобальних ланцюжків створення вартості, що зумовлює актуальність розвитку галузевих смарт-виробництв (окрім можливості кардинально підвищити ефективність функціонування металургійних підприємств за рахунок реалізації інноваційних рішень у всіх сферах їх діяльності).

Швидкий розвиток й упровадження розумних технологій у металоспоживаючих та пов'язаних видах діяльності не тільки потребує від металургійних компаній виконання принципово нових вимог клієнтів, але і уможливлює використання інноваційних розробок партнерів і контрагентів.

Так, сучасні тренди розвитку світової енергетики здебільшого зосереджуються на пріоритетному переході на електричну енергію у виробництві, обслуговуванні транспорту та будівель за рахунок широкого використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). За даними агентства Bloomberg, до 2050 р. близько 50% усієї електроенергії вироблятиметься вітровими і сонячними електростанціями через суттєве зниження її собівартості, частка ж усіх безвуглецевих видів енергії зросте до 71%.

Відмітною рисою даного процесу є активне використання найсучасніших технологій і матеріалів (наприклад, у Нідерландах планується запустити вітроелектростанції, де роль лопатей виконуватиме «безпілотник»), що дозволяють зменшити витрати та строки впровадження ВДЕ, зробити їх невід'ємною частиною смарт-міст. Для металургії це означатиме зростання попиту на її продукцію, зокрема з поліпшеними характеристиками, для розбудови відповідної інфраструктури (наприклад, середня вітрова турбіна на 80% складається зі сталі), збільшить використання «чистої» енергії у виробничому процесі та дозволить, хоч і опосередковано, взяти участь у досягненні цілей Паризької кліматичної угоди, що відповідає курсу на підвищення екологічності галузі.

Сьогоденні тренди розвитку будівництва, включаючи інфраструктурні проекти, також підштовхують металургію перейти до діяльності на смарт - засадах. Нові технології змінюють процес будівництва, експлуатації та підтримки об'єктів, включаючи інформаційне моделювання будівлі (BIM), попереднє складання, бездротові датчики, автоматизоване та робототехнічне обладнання, 3D-друк. Активно використовується технологія відеоігор для розробки інтер'єрів будівель, інтелектуальні тривимірні моделі DIRTT інтегрують інженерну, цінову та виробничу інформацію, яка потім використовується для виготовлення індивідуальних інтер'єрів. Усе більшого значення набуває можливість легко збирати й розбирати сталеві будівлі з метою їх повторного використання для отримання екологічного ефекту. Економія викидів діоксиду вуглецю (CO_2) від повторного використання будівель оцінюється на рівні 1-1,5 кг CO_2/кг сталі. Неабиякий інтерес становить використання в будівництві роботів, розбудова економічних, енергоефективних, екологічних «розумних» будинків і «розумних» міст, виробництво яких додатково потребуватиме металу з поліпшеними характеристиками для обладнання всіма необхідними датчиками й енергогенеруючими установками.

Особливого значення останнім часом набуло повсюдне використання як у будівництві, так і у транспортному машинобудуванні провідних високоміцних сталей (Advanced High-Strength Steels - AHSS), які дозволяють істотно знизити вагу будівель і транспортних засобів, зменшуючи при цьому викиди вуглекислого газу протягом усього життєвого циклу продуктів.

Необхідність упровадження смарт-виробництв у металургійній промисловості пов'язана з її майбутнім поступальним розвитком, що пояснюється небезпекою залишитися осторонь провідних економічних процесів через неможливість збуту продукції внаслідок невідповідності вимогам контрагентів.

Головною метою розвитку смарт-металургії є підвищення адаптивності галузі, яка полягає у:

- всеосяжному пристосуванні до зовнішніх умов, які з кожним днем змінюються все швидше;

- більш оперативному реагуванні внутрішнього середовища на зміну зовнішніх умов;
- 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 (у тому числі тих, що тільки будуть сформовані у майбутньому), виходячи з яких відбувається розвиток виробництва, навіть якщо в даний час необхідні виробничі умови здаються недосяжними.

3.3 Особливості використання «розумних» технологій у виробничій, організаційно-економічній і соціальній сферах діяльності металургійних підприємств

У процесі розвитку металургійної смарт-промисловості ядром виступають новітні діджитал-технології, за допомогою яких відбуваються «цифровізація та інтеграція вертикального і горизонтального ланцюжків створення доданої вартості, цифровізація пропонованих товарів та послуг, з'являються нові бізнес-моделі та платформи взаємодії з клієнтами». До них належать IoT-платформи (IoT - Internet of Things - інтернет речей), аналіз великих даних, хмарні технології, візуалізація, інтелектуальні датчики, мобільні пристрої, «розумні» машини та механізми, адитивні технології (3D-друк) та ін., які забезпечують просунуті інтерфейси для взаємодії людини і машини, багаторівневу взаємодію з клієнтами, збір клієнтської інформації, перевірку достовірності та виявлення фактів шахрайства тощо.

Широке впровадження цих технологій стало можливим завдяки зниженню їх вартості. Так, «...вартість дрону у 2007 р. становила майже 100 тис. дол., до 2013 р. впавши до 700 дол. Навіть вартість промислових роботів зменшилася з більш ніж 500 тис. дол. у 2007 р. до 20 тис. дол. у 2014 р. Більше того, коли ці цифрові технології використовуються разом, вони генерують «комбінаторні ефекти», які підвищують їх можливості у геометричній прогресії, і набагато більше, ніж якщо б кожен був використаний окремо. Дані комбінаторні ефекти є додатковою причиною для прийняття організаціями цифрових технологій».

Перелічені технології не є унікальними тільки для металургії внаслідок «розмивання» меж між різними видами діяльності й усіма сферами суспільного життя, широко використовуючись в інших галузях, проте мають свої особливості, дію яких доцільно дослідити окремо у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств (хоч такий розподіл є досить умовним) унаслідок існування розбіжностей у процесі опанування ними новітніх технологій.

Розробка та впровадження смарт-рішень *у виробничій сфері* розвиваються набагато повільніше, ніж в інших сферах діяльності, через необхідність дуже великих капіталовкладень та значного проміжку часу для вдосконалення, а тим більше здійснення принципово нових інноваційних відкриттів щодо металургійного процесу, який технологічно є досить стабільним. Оскільки саме цю сферу діяльності для металургії можна вважати принциповою та основоположною, доцільно розглянути її більш докладно.

Основними прикладами смарт-рішень у металовиробництві на сьогоднішній день виступають:

- інтернет речей - дозволяє управляти виробничим процесом у режимі реального часу та зв'язувати воєдино всі його частини на великій території, дистанційно керувати роботою будь-якого пристрою та обладнання, підключених до єдиної системи. 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. Перешкодою може виступати відсутність стабільного інтернет-зв'язку в багатьох куточках планети, проте останні розробки в галузі супутникового зв'язку найближчим часом можуть дозволити забезпечити інтернет-покриття на 80% території Землі;
- смарт-пристрої (датчики, сенсори, лічильники) - контролюють та оптимізують роботу обладнання, дозволяючи точно й оперативно визначити, скільки сировини споживається в тій чи іншій печі, якими бувають відхилення від нормативів витрат, які причини їх викликають, який рівень споживання тощо. 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_2 і зменшити витрачену енергію. Зазвичай заводи генерують багато власної електроенергії, використовуючи газ зі своїх печей і процесів прокатки. Тим не менш більшість також використовує велику кількість енергії з мережі, яку вони завжди намагаються зменшити. Різні марки сталі потребують різної кількості енергії, і датчики тепер здатні точно вимірювати, які марки сталі є найбільш енергоємними. Виробники можуть потім аналізувати ціни на енергію для позиціонування певних марок сталі на виробничій лінії, щоб вони вироблялися, коли потужність є найдешевшою;
- інтелектуальне моделювання та візуалізація процесів, що відбуваються всередині устаткування на основі даних, отриманих за допомогою сучасних датчиків, застосування концепції цифрових двійників. Особливого значення дана концепція набуває при аналізі процесів у «закритих» агрегатах - доменних і сталеплавильних печах. Наприклад, доменні печі мають постійно завантажуватися шарами коксу та агломерату, що чергуються, ці шари забезпечують рівномірно ефективний потік газу. До недавнього часу топографічні й температурні порушення було важко ідентифікувати. 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;
- роботизація - 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. Технології безпілотних літальних апаратів використовуються для перевірки важкодоступних районів заводу, а також геодезії та планування гірничих робіт. У перспективі вся наземна, кранова техніка, буде безпілотною і під управлінням штучного інтелекту. Технічно це розв'язуване завдання; технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3D-друк, у перспективі технології 4D та MIM), - 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. Металургійні АМ іноді виділяють особливою абревіатурою DMF - Direct Metal Fabrication - пряме «вирощування» з металевих порошків. Цю групу технологій розглядають як одну із стратегічних для освоєння передусім в аерокосмічній і оборонній галузях. Очікується, що найбільший ефект може бути одержаний у космічній індустрії (сопла, деталі та вузли рідинних ракетних двигунів); літакобудуванні (складнопрофільні деталі газотурбінних двигунів, компресорів); енергетичному машинобудуванні (фасонні вироби з високолегованих сталей); медицині, особливо в хірургії та стоматології (створення протезів та імплантатів); виготовленні інструментів для обробки пластикових виробів і деталей, одержуваних інжекційним формуванням; автомобільній і транспортній промисловості (деталі двигунів внутрішнього згоряння, конструкційні деталі); виробництві товарів народного споживання. 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. Проте 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, технічні інженерні рішення щодо застосування нових сплавів у конкретних виробах. Пришвидшеними темпами відбувається розвиток та впровадження металургійних нанотехнологій, які особливого значення набувають у медицині, електроніці, хімічній промисловості.

Найбільш швидкими темпами впровадження «розумних» технологій відбувається в *організаційно-економічній сфері* діяльності метпідприємств, оскільки воно пов'язане з нижчими капіталовкладеннями та займає значно менше часу (часто не більше двох років).

Основними напрямами смартизації в цій сфері є такі:

1. Цифровізація продукції, послуг та всієї бізнес-моделі - ключова складова даного процесу, яка являє собою «насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливлює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір». Цифровізація у металургії відбувається на основі використання датчиків (вібраційних, оптичних, звукових), сенсорів, великих даних, хмарних технологій, візуалізації та ін., поєднаних за допомогою інтернету речей, завдяки чому до інформації мають централізований доступ усі підрозділи підприємства або підприємств, що входять до великої корпорації. При цьому будь-яка програмна або апаратна система, розроблена

всередині компанії або придбана у постачальника, має бути стандартною і здатною підключатися до іншого обладнання незалежно від частоти оновлень.

Завдяки діджиталізації відбулося значне збільшення обсягу прямих онлайн-продажів металопродукції, тоді як раніше збут здійснювався здебільшого через трейдерів або конкретному споживачеві лише великими партіями. Управління рахунками, запасами та закупівлею сировини і запчастин також відбувається в режимі реального часу, що дозволяє обрати найкращий варіант за ціною та способом транспортування і зменшити тим самим площу складських приміщень, скоротити час доставки, диференціювати постачальників тощо.

Металургійні компанії широко впроваджують ERP-системи (Enterprise Resource Planning - управління ресурсами підприємства). На практиці прикладом їх діяльності є реєстрація заявки в реєстрі замовлень, яка переходить на стадію технічної експертизи і потім видається у виробництво з конкретними термінами. Далі починаються стадії виробничого планування, деталізації завантаження, розподілу ресурсів тощо. Усе це абсолютно прозоро та взаємопов'язано, тобто йдеться про наскрізне планування, виконання та контроль у єдиному інформаційному полі.

За даними McKinsey global institute, усе більшу цінність порівняно з фізичним продуктом набуватиме ефективність збору та використання даних, тоді як позиція компанії на кривій витрат уже не буде вирішальним чинником її конкурентоспроможності.

2. Використання предиктивної аналітики, націленої на запобігання виникненню негативних ситуацій (наприклад, поламок або простоїв устаткування), яка стає реальністю завдяки застосуванню цифрових двійників, великих даних, хмарних технологій тощо. На думку керівника проекту Smart Factory однієї з найбільших металургійних компаній світу - південнокорейської «POSCO», «дані дозволяють точно визначити, в якій саме операції та в якому місці стався дефект продукту. У яку зміну, у який день і за яких умов». І хоча набори даних про сталеплавильні процеси були доступними раніше, саме технології четвертої промислової революції відкривають нові можливості, що дозволяють виробникам по-різному збирати більше даних із безлічі інтелектуальних датчиків та інтелектуальних систем, які обмінюються інформацією по локальній мережі.

3. Зростаюча клієнтоорієнтованість, яка означає відмову від роботи металургійних підприємств «на вал», коли продукція поставлялася великими партіями або безпосередньо споживачам, або на склади дистриб'юторів, та переорієнтацію на виконання найдрібніших замовлень клієнтів із розширенням продуктового портфеля, включаючи унікальну специфікацію для кожного споживача, з наступним післяпродажним обслуговуванням. Виробники та клієнти постійно перебувають на зв'язку в режимі реального часу завдяки новим онлайн-платформам, що дозволяють споживачам відстежувати виконання замовлення та інші сервіси, а виробникам - збирати інформацію про вподобання та вимоги покупців - як нинішніх, так і потенційних.

4. Зміни в корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній із винесенням та агрегуванням деяких функцій (фінанси, IT-сектор, ремонтні роботи, управління персоналом, закупками, збутом тощо) в окремих підрозділах, при якому відбувається чітке розподілення сфер відповідальності по управлінській вертикалі, що виключає дублювання та наявність «сірих зон». Необхідною умовою є визнання

майбутніх змін і серйозне ставлення до них уже зараз з боку як власників та менеджменту метпідприємств, так і представників органів державної влади.

5. Прискорення горизонтальної та вертикальної інтеграції ланцюжків створення вартості внаслідок посилення прямої співпраці між усіма контрагентами з мінімізацією впливу посередників.

Смартизація в *соціальній сфері* діяльності металургійних підприємств відбувається швидше, ніж у виробничій, проте повільніше, ніж в організаційно-економічній, унаслідок проблематичності безапеляційного сприйняття новітніх технологій абсолютно всіма працівниками в усіх підрозділах компанії, які побоюються (слід зауважити, що небезпідставно) або втратити роботу, або суттєво змінити діяльність під натиском «розумних» машин.

Особливості впровадження смарт-рішень у цій сфері полягають у такому:

- безперервний розвиток цифрової культури, рівень якої наразі є недостатнім для всеосяжного використання розумних технологій;
- підвищення персональної відповідальності за прийняття рішень унаслідок посилення горизонтальної інтеграції по всьому ланцюжку створення вартості;
- посилення безпеки та поліпшення умов праці, особливо на виробництві, у результаті використання спеціального обладнання та зменшення фізичної присутності працівників на небезпечних ділянках.

На думку багатьох фахівців великих металургійних компаній, смартизація викличе не скорочення зайнятості, а скоріше, зміни на ринку праці, що потребуватиме перезавантаження системи освіти та необхідності навчити людей не опиратися постійним змінам на підприємстві, а виступати з ініціативами, потім беручи участь у їх упровадженні, оскільки саме працівники є «рушійною силою прогресу». За словами керівника проекту Smart Factory компанії «POSCO», «більша частина великого ноу-хау прихована «всередині» операторів або інженерів, і керівництво компанії намагається вивести ці знання з їх голови і кодифікувати у щось, що можна назвати «інтелектом».

«У найближчому майбутньому будуть затребуваними інженери- металурги не тільки зі знанням теоретичних основ процесу, але і з чітким розумінням бізнес-системи, а також інженери-програмісти - творці того самого штучного інтелекту, який керуватиме всіма процесами ідеального заводу. ... Можуть бути затребувані універсали, тобто люди, здатні виконувати одночасно функції, скажімо, слюсаря, електрика, механіка, зварника. Таких людей мало, але вони явно будуть потрібні. Безумовно, зростатиме попит на мехатроніків - інженерів, здатних з'єднати механічні вузли металургійних агрегатів з електротехнічними й електронними компонентами і потім змусити їх злагоджено працювати за спеціально написаними комп'ютерними програмами».

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте провідні тенденції та виклики розвитку світової металургії.
2. Оцініть історичні передумови, актуальність і необхідність розвитку смарт-виробництв у металургійній промисловості.
3. Наведіть особливості використання «розумних» технологій у виробничій, організаційно-економічній і соціальній сферах діяльності металургійних підприємств.

Розділ 4
ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СМАРТ-МЕТАЛУРГІЇ В УКРАЇНІ

4.1 Передумови та проблеми смартизації галузі

Для визначення напрямів смартизації металургії України необхідно проаналізувати ключові передумови та проблеми, з якими стикається галузь на шляху до розвитку на «розумних» засадах. Розпочати доцільно із сучасного стану, місця й ролі металургійної промисловості в українській економіці та на глобальному ринку.

Металургія, з одного боку, залишається одним з основних видів промислової діяльності, забезпечуючи до 16% загального обсягу реалізованої промислової продукції та більше 40% промислової продукції, реалізованої за межі країни; п'яту частину товарного експорту та більше 10 млрд дол. експортної виручки; понад 200 тис. робочих місць і приблизно по 10% у доданій вартості за витратами виробництва підприємств та загальній вартості основних засобів у промисловості, що робить її стратегічно важливою для майбутнього розвитку вітчизняної економіки. З іншого - галузь відрізняється високим рівнем ресурсоємності виробництва та низьким рівнем його екологічності. Близько половини промислових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря припадає на металургію, тоді як капітальні інвестиції та поточні витрати металургійних підприємств на охорону і раціональне використання природних ресурсів займають лише 35% їх загального обсягу по промисловості. Галузь займає до 40% у кінцевому споживанні всієї електроенергії та 25-35% у споживанні теплоенергії у промисловості; матеріальні витрати та витрати на оплату послуг, використаних у виробництві, становлять майже 90%. Ситуація ускладнюється зношеністю основних засобів більш ніж на 50%, що спричиняє від'ємну або зовсім невисоку рентабельність операційної діяльності метпідприємств (табл. 4.1). Це підштовхує металургійну промисловість до кардинальних змін та гостро ставить завдання підвищення ефективності виробництва.

За останнє двадцятиліття динаміка виплавки сталі в Україні була досить неоднорідною. Якщо до світової фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. виробництво демонструвало в основному позитивну тенденцію, то друга половина аналізованого періоду характеризувалася його значним спадом, і протягом 2008-2017 рр. воно так і не досягло докризового рівня. Найсерйознішим випробуванням для галузі стали військові дії в Донецькій та Луганській областях починаючи з 2014 р. Призупинення діяльності або зниження ділової активності металургійних підприємств на тимчасово непідконтрольній Україні території з подальшою втратою контролю та неможливістю включити результати їх роботи в офіційну українську статистику призвело до негативної динаміки виплавки сталі у країні у 2014 - 2017 рр.

Проте скорочення виплавки сталі саме по собі не є найбільшою проблемою, оскільки певною мірою збігається із загальносвітовими трендами розвитку металургійної промисловості, де останнім часом спостерігалася стагнація. Значно гіршою була і залишається ситуація з обсягами та динамікою споживання готової металопродукції на внутрішньому ринку, які відстають від виробництва, спричиняючи надмірний рівень перевиробництва металу у країні (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 - Показники діяльності металургійної промисловості України

Показник	2001	2007	2013	2017
Частка металургії в загальному обсязі реалізованої промислової продукції, %	18,0	22,0	15,7	15,7
Індекси металургійної продукції, % до попереднього року	104,9	106,9	94,7	100,2
Частка металургії в загальній вартості основних засобів у промисловості, %	11,7	12,4	10,4	10,3
Ступінь зносу основних засобів у металургії, %	58,5	63,1	44,7	54,8
Частка металургії в загальному обсязі товарного експорту, %	41,3	42,2	28,1	23,4
Обсяг експортної виручки від реалізації металопродукції, млрд дол.	6,7	20,9	17,5	10,1
Рентабельність операційної діяльності, %	5,1	8,3	-2,7	1,6
Середньооблікова кількість штатних працівників, тис. чол.	428	420	313	207
Частка металургії в загальній середньообліковій кількості штатних працівників у промисловості, %	11,2	12,8	11,7	10,9
Частка матеріальних витрат та витрат на оплату послуг, використаних у виробництві, у металургії, %	79,0	83,0	85,4	88,0
Частка металургії в загальному обсязі викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення у промисловості, %	н/д	50,0	46,7	53, 2
Частка металургії в загальному обсязі капітальних інвестицій і поточних витрат підприємств, організацій, установ на охорону та раціональне використання природних ресурсів у промисловості, %	н/д	35,0	34,7	34,0
Частка металургії в кінцевому споживанні електроенергії у промисловості, %	н/д	41,0	36,2	35,0
Частка металургії в кінцевому споживанні теплоенергії у промисловості, %	н/д	21,9	26,1	36,3

Динаміка профіциту металу в Україні (рис. 4.2) свідчить, що протягом 1998-2017 рр. його обсяг підвищувався відповідно до зростання виробництва, а питома вага в загальному обсязі виплавки металу була не менше 75%, збільшившись під час та після світової фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. до понад 80%. Отже, навіть під час підйому та в умовах сприятливої кон'юнктури вітчизняна металургійна продукція не була затребуваною на внутрішньому ринку, що ставить галузь у залежність від зовнішніх ринків збуту.

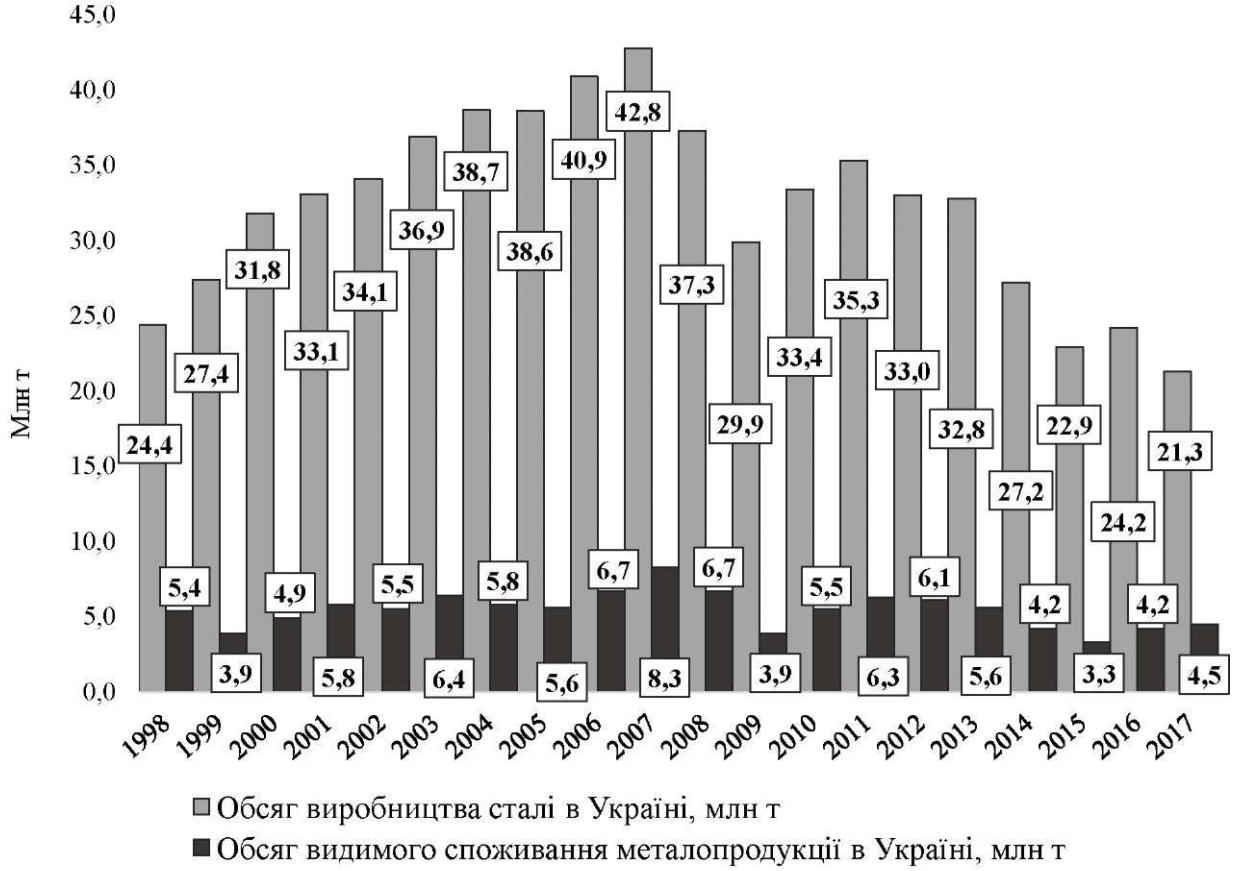


Рисунок 4.1 – Динаміка обсягів виробництва та видимого споживання металу в Україні

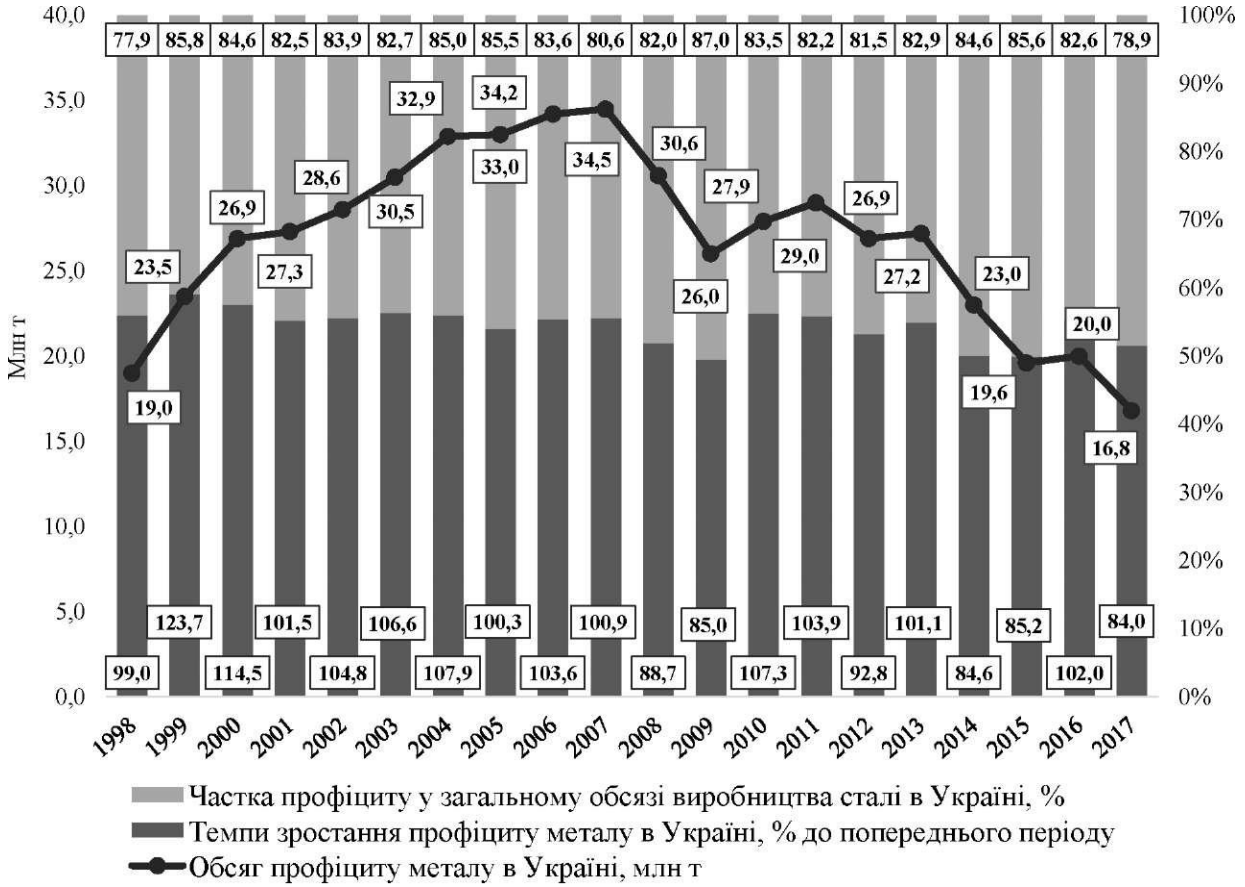


Рисунок 4.2 – Динаміка профіциту металу в Україні

У результаті аналізу даних Worldsteel виявлено, що за період з 1998 по 2017 р. середні щорічні темпи зростання виробництва сталі, споживання готової металопродукції та зростання профіциту металу в Україні були майже на одному рівні та становили 99,6; 100,8 і 99,9% відповідно; частка профіциту в загальному обсязі виплавки металу складала в середньому 82,7%, або 26,7 млн т.

Порівняно з аналогічними загальносвітовими показниками, в Україні в аналізованому періоді темпи зростання виробництва, споживання та профіциту металу були нижчими, однак середній за двадцять років обсяг українського профіциту металу був одним із найвищих у світі через надто низький рівень споживання металопродукції в країні. Крім того, у світовому масштабі частка профіциту в загальному обсязі виплавки сталі мала понижувальну тенденцію, особливо у післякризовому періоді, тоді як в Україні вона була на стабільно високому рівні.

Зменшення обсягу виробництва металу призвело до скорочення загального обсягу сталеплавильних потужностей та істотного зниження рівня їх завантаження (рис. 4.3).

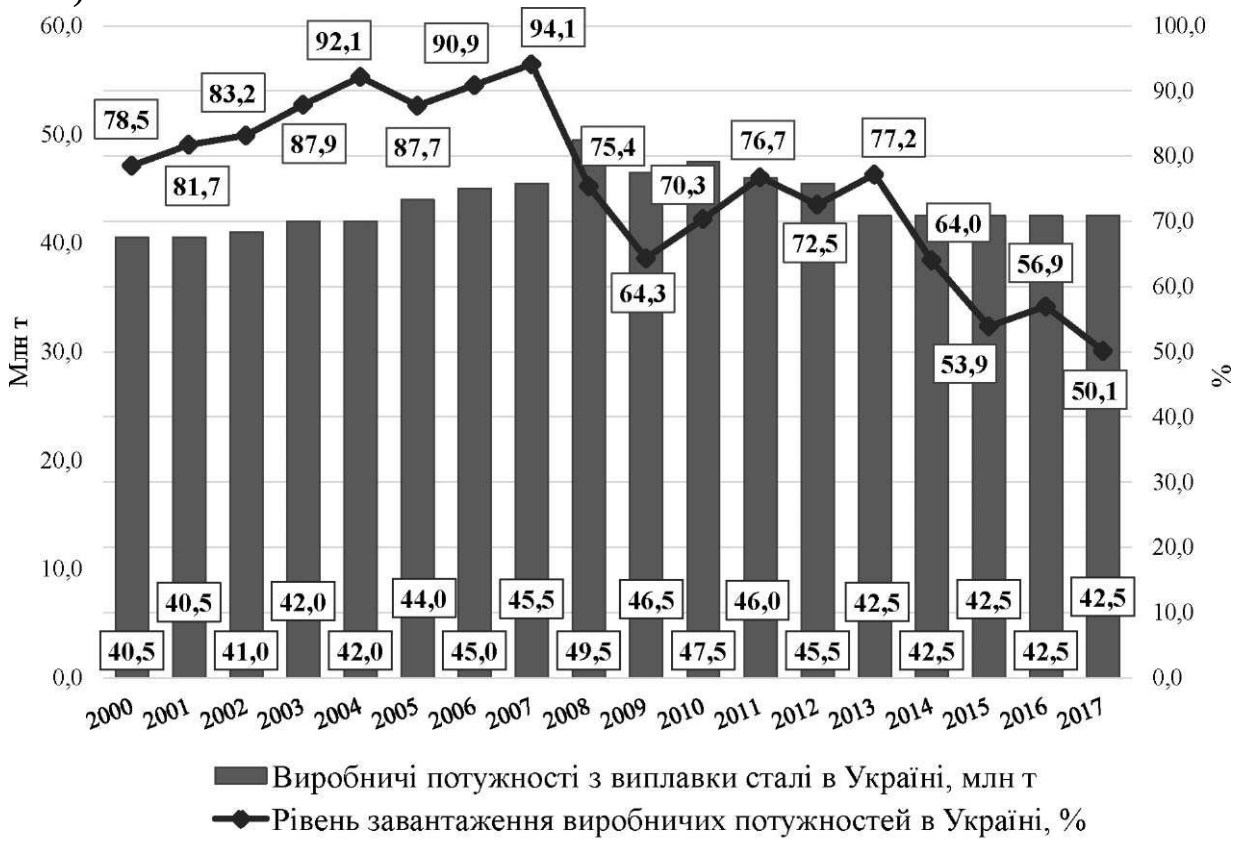


Рисунок 4.3 – Динаміка виробничих потужностей з виплавки сталі та рівня їх завантаження в українській металургії

У сприятливий для галузі період 2000-2007 рр. металургійні потужності в Україні поступово зростали, досягши свого максимуму у 2008 р., проте згубний вплив світової фінансово-економічної кризи на металургійну промисловість призвів до їх подальшого зменшення майже на 16%, або на 7 млн т, у 2017 р. порівняно з 2008 р.

Рівень завантаження сталеплавильних потужностей у країні протягом аналізованого періоду також був досить неоднорідним. Виокремлено три основних періоди:

- 2000-2007 рр. - підйом (сприятлива зовнішньоекономічна кон'юнктура, металургійні потужності використовувалися майже повністю, їх завантаження постійно підвищувалося, досягши історичного максимуму у 2007 р.);
- 2008-2013 рр. - падіння виробництва (світова криза призвела як до скорочення обсягу сталеплавильних потужностей у натуральному вираженні, так і до зниження на 20-30% рівня їх завантаження, який, однак, мав позитивну тенденцію до зростання);
- 2014-2017 рр. - подальше суттєве падіння обсягів та рівня використання металургійних потужностей (на 27% порівняно з 2013 р. та на 44% порівняно з 2007 р.), зокрема, через військові дії на сході країни.

Порівняння зі світовими показниками розвитку сталеплавильних потужностей свідчить, що тенденція до зниження рівня їх завантаження є подібною і для України, і для світової металургії, хоча у вітчизняній економіці падіння було більш істотним (різниця становить приблизно 525%), особливо з 2014 р. При цьому обсяг металургійних потужностей в Україні починаючи з 2009 р. знижувався або залишався незмінним, тоді як у світовій галузі протягом останніх двадцяти років він здебільшого зростав, навіть у кризові періоди. Виключенням стали лише 2016-2017 рр. унаслідок упровадження світовою металургійною спільнотою серйозних заходів щодо виведення надлишкових потужностей.

У світовому масштабі, за даними Worldsteel, у 2017 р. унаслідок істотного падіння обсягів виплавки сталі через військові дії на Донбасі Україна втратила місце в десятці найбільших металовиробників, яке мала до 2016 р. включно, посівши 12 позицію і пропустивши уперед Італію і Тайвань.

Крім того, незважаючи на досить великі обсяги металовиробництва, частка української металургії у глобальному обсязі як виплавки сталі, так і сталеплавильних потужностей є невеликою і за останні вісімнадцять років не перевищувала 4% навіть у найсприятливіші періоди та мала стабільно понижувальну тенденцію, що свідчить про низьку спроможність впливати на світовий металоринок і змушує підлаштовуватися під його тенденції. Аналіз частки української металургійної промисловості у світовому обсязі споживання готової металопродукції показав її наднизький рівень навіть порівняно з виробництвом і сталеплавильними потужностями. В аналізованому періоді він не перевищував 1% та постійно знижувався, зменшившись у 2017 р. майже втричі порівняно з докризовим періодом 20002007 рр. і сягнувши лише 0,3% (рис. 4.4). Це свідчить про катастрофічну нерозвиненість внутрішнього металоринку в Україні, що не тільки робить галузь критично залежною від зовнішнього ринку, але і заважає розвитку металоспоживаючих галузей, які виробляють готову продукцію з більшою доданою вартістю.

Таким чином, у глобальному вимірі вітчизняна металургія, незважаючи на лідируючі позиції в рейтингу світових виробників сталі, не відіграє істотної ролі з точки зору наявних обсягів сталеплавильних потужностей та виробництва металу і практично не бере участі в його споживанні.

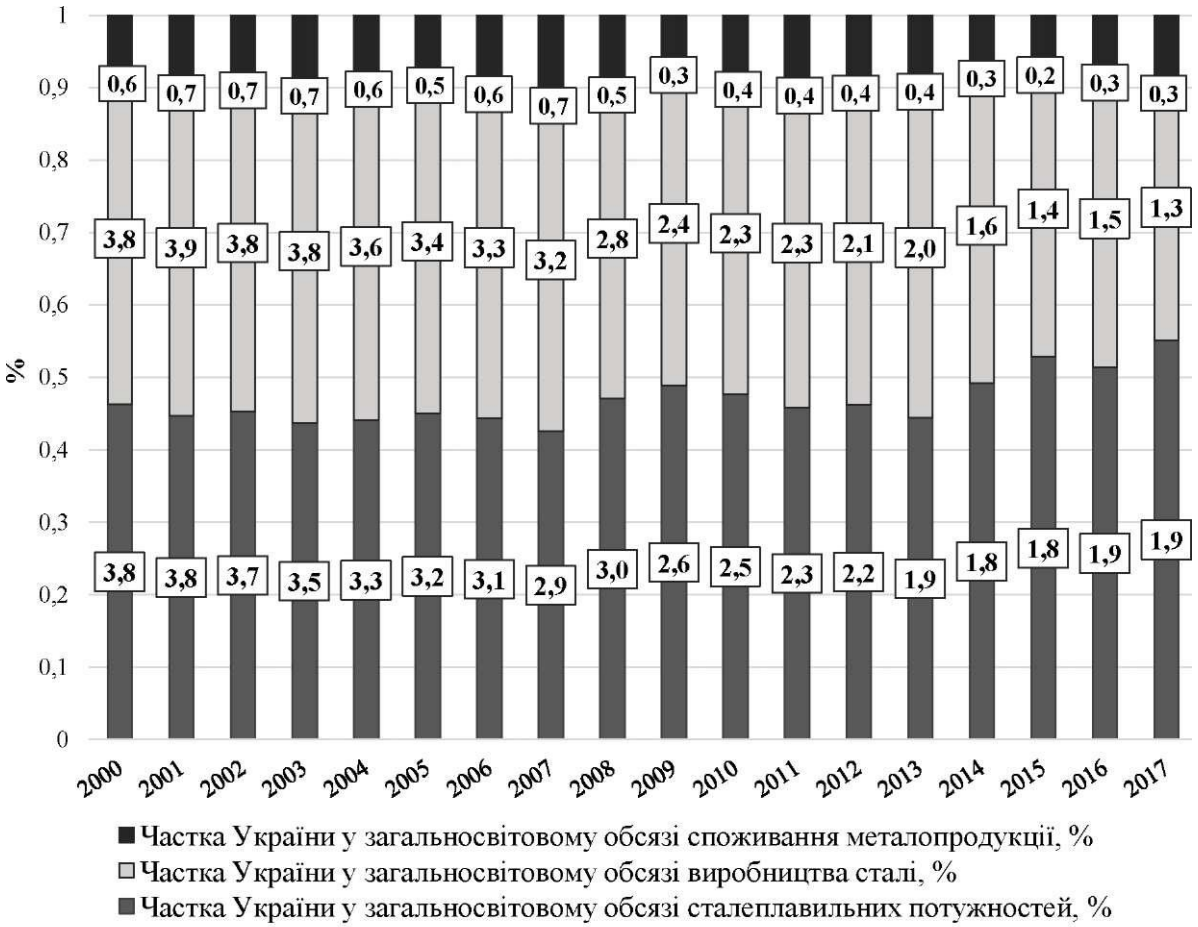


Рисунок 4.4 – Динаміка питомої ваги України в загальносвітовому обсязі сталеплавильних потужностей, виробництва сталі та споживання металопродукції

За загальними обсягами експорту металопродукції у 2017 р. Україна посідала 11 місце, опустившись на 8 позицій порівняно з піковим 2007 р., та 4 місце як нетто-експортер сталевих виробів, проте такий високий «ранг» не є досягненням, а навпаки, робить металургію надзвичайно вразливою з боку коливань світової економіки. Після майже двократного зростання зовнішніх поставок металопродукції у 1998-2007 рр. у наступному десятилітті вітчизняні металурги знизили обсяг експорту на 40%, зменшивши за двадцятирічний період свою частку на світовому ринку на 2-5% (рис. 4.5).

Україна закуповує незначний обсяг металопродукції у натуральному вираженні через низький рівень її споживання, однак має один із найвищих середніх темпів зростання імпорту протягом 1998-2017 рр. - приблизно 110%. Щоправда, пік підвищення імпорту припав на сприятливі для світової економіки 2000-2007 рр., тоді як у наступному десятилітті, особливо у 20122015 рр., у країні спостерігалася тенденція до скорочення зовнішніх закупівель сталевої продукції. Наразі держава займає лише 0,3% загальносвітового обсягу імпорту металу, а найвищий рівень спостерігався у 2008 р. - 0,6% (рис. 4.6).

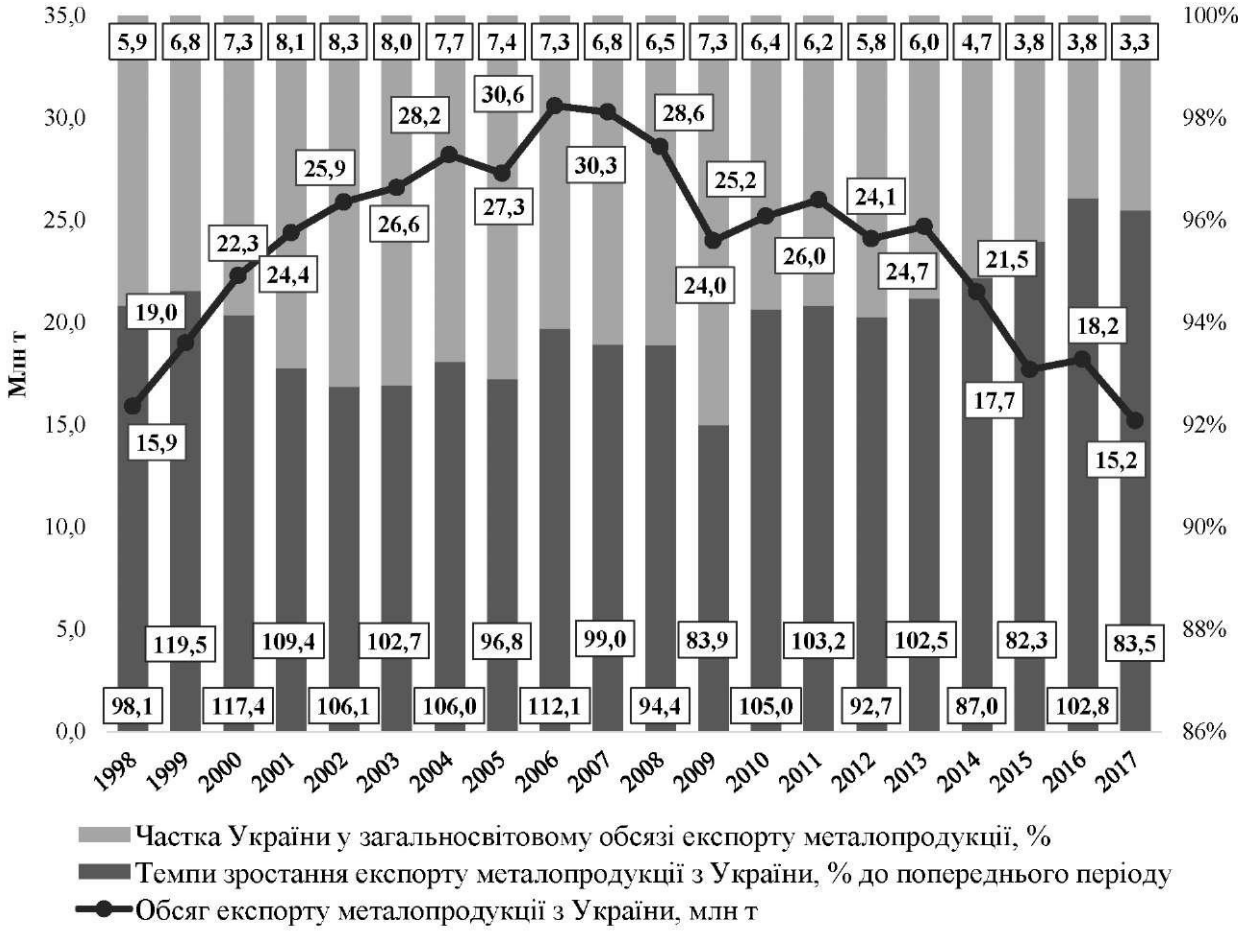


Рисунок 4.5 – Динаміка експорту металопродукції з України

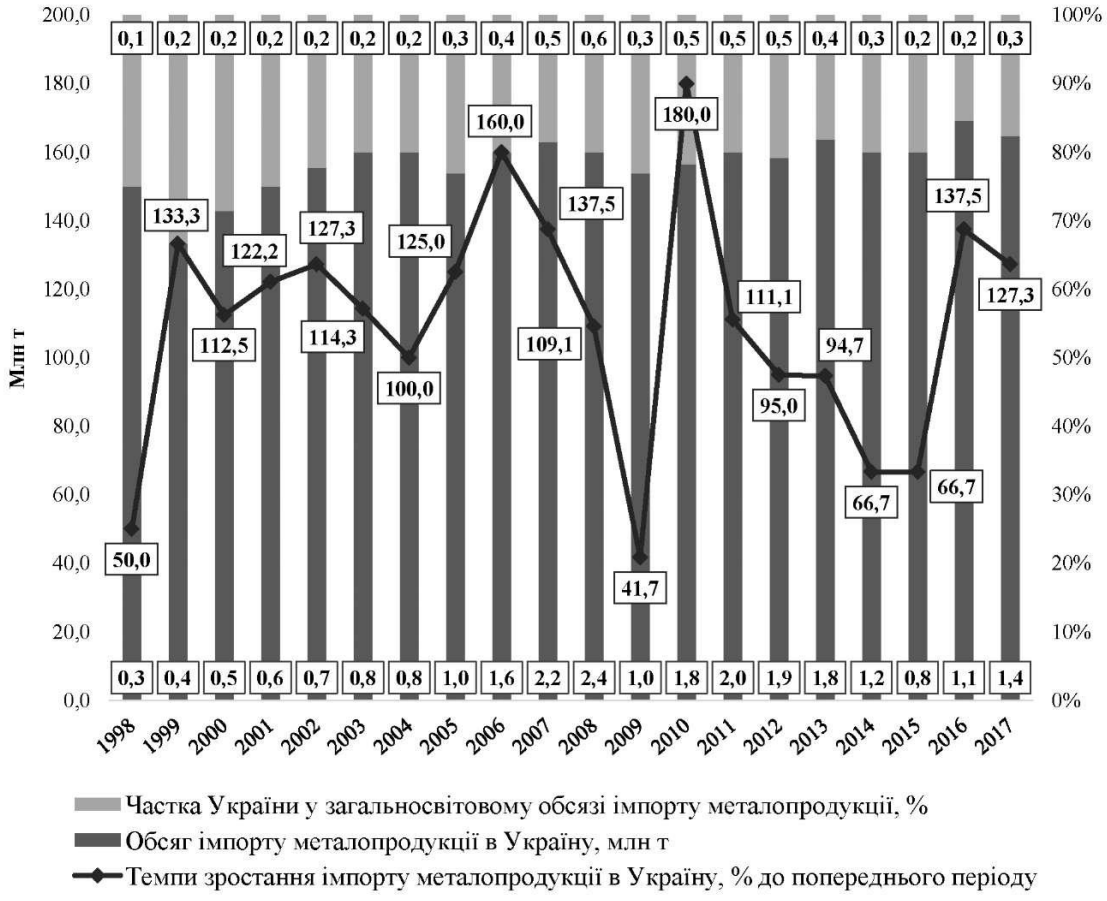


Рисунок 4.6 – Динаміка імпорту металопродукції в Україну

Глобальні регіональні зміни виробництва та споживання металопродукції змушують Україну переглянути географічну структуру металоекспорту - арабський та азіатський регіони самі швидко перетворилися на значних акторів світового і регіональних металоринків; європейський ринок унаслідок погіршення стану та падіння основних показників діяльності галузі в Європі переводить українську продукцію в зону ризику застосування антидемпінгових розслідувань через необхідність підтримки (хоч і непрямої) власних виробників; на металоринку СНД ситуація останнім часом ускладнилася наявністю політичних розбіжностей із Росією, яка завжди була одним із головних ринків збуту вітчизняної металопродукції.

Найбільш гострими проблемами розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах є такі:

1. *Нерозвиненість внутрішнього ринку* - частка України у світовому обсязі споживання готової металопродукції у 2017 р. становила лише 0,3%, зменшившись майже у три рази порівняно з докризовим періодом 2000-2007 рр. Це не тільки робить українську металургію критично залежною від зовнішнього ринку, але і заважає розвитку металоспоживаючих галузей, які виробляють готову продукцію з більшою доданою вартістю, а також апробації інноваційних рішень. Саме наднизький рівень металоспоживання, а не наявність великого обсягу надлишкових сталеплавильних потужностей, як у більшості зарубіжних країн, є головною причиною перевиробництва металу в Україні.

2. *Перевиробництво металу* - розрив між виплавкою сталі та її споживанням на внутрішньому ринку у 2017 р. становив 78,9%, або 16,8 млн т, дещо знизившись порівняно з попередніми роками через скорочення майже на 2 млн т виробництва сталі в Україні на тлі практично незмінного обсягу споживання металопродукції. Це свідчить про незатребуваність сталевої продукції на внутрішньому ринку, наслідком чого є життєва необхідність її експорту, що ставить галузь у залежність від зовнішніх ринків збуту.

3. *Низький інноваційний рівень металургійної галузі й економіки України загалом* - за даними 2019 Bloomberg Innovation Index, Україна втратила 7 позицій порівняно з попереднім результатом, посівши 53 місце серед 95 аналізованих країн; за рівнем готовності до виробництва майбутнього в контексті четвертої промислової революції Україна належить до країн, у яких воно тільки зароджується (Nascent Countries), і займає 43 позицію зі 100 за показником структури виробництва (Structure of Production) та 63 - за показником драйверів виробництва (Drivers of Production). Найгірший результат спостерігається щодо рівня розвитку інституційного середовища (Driver: Institutional Framework) - 94 місце.

Загальне відставання України за рівнем інноваційного розвитку негативно позначається на інноваційній активності металургійної галузі, яка здебільшого мала негативну тенденцію протягом останніх 15 років (табл. 4.2).

Так, у 2017 р. менше 20% металургійних підприємств здійснювали інноваційну діяльність, займаючи приблизно 10% у загальному обсязі витрат на інноваційну діяльність у промисловості. Менше 75% інноваційно активних підприємств впроваджували інноваційні процеси, у тому числі маловідходні та ресурсозберігаючі- лише 45%, дещо більше половини впроваджували інноваційні види продукції, однак нові для ринку - тільки 11%. Частка маловідходних та ресурсозберігаючих процесів у загальній кількості впроваджених нових технологічних процесів на металургійних підприємствах займала приблизно 30%, як і частка нових для ринку

Таблиця 4.2 – Показники інноваційної активності металургії України, %

Показник	2003	2007	2013	2017
Частка металургійних підприємств, що здійснювали інноваційну діяльність, у загальній кількості підприємств металургії	17,0	15,0	16,7	18,9
Частка металургії в загальному обсязі витрат на інноваційну діяльність у промисловості	15,9	25,5	11,4	10,5
Частка підприємств, що впроваджували інноваційні процеси, у загальній кількості металургійних підприємств, що впроваджували інновації	54,7	37,8	54,9	73,3
Частка підприємств, що впроваджували інноваційні види продукції, у загальній кількості металургійних підприємств, що впроваджували інновації	81,3	36,7	54,0	53,3
Частка маловідходних та ресурсозберігаючих процесів у загальній кількості впроваджених нових технологічних процесів у металургії	27,8	53,4	33,5	31,4
Частка металургійних підприємств, що реалізовували інноваційну продукцію	13,6	11,0	11,2	10,7
з них реалізовували нову для ринку продукцію	9,1*	3,4	2,0	2,5
Частка інноваційної продукції в загальному обсязі реалізованої металургійної продукції	4,4	6,2	3,2	0,9
Обсяг реалізованої інноваційної продукції за межі України, % до загального обсягу реалізованої інноваційної продукції у металургії	52,1	52,8	71,8	70,4

найменувань упроваджених інноваційних видів продукції. Інноваційну продукцію реалізували приблизно 10% металургійних компаній, у тому числі продукцію, що була новою для ринку, - лише 2,5%. Питома вага інноваційної продукції в загальному обсязі реалізованої металургійної продукції становила менше 1%.

4. *Відсутність комплексної довгострокової стратегії розвитку металургійної промисловості* - дія попередньої «Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 року» закінчилася більше семи років тому, і всі наступні нормативні документи щодо промислового розвитку України лише фрагментарно відображали пріоритетні напрями діяльності галузі, які б відповідали потребам країни та сучасним трендам розбудови виробництва майбутнього.

4.2 Особливості та наслідки впровадження смарт-рішень і технологій в українській металургії

Унаслідок загального відставання України за рівнем інноваційної активності та негативних тенденцій у розвитку металургії процес розробки й упровадження смарт-рішень у галузі перебуває на початковому етапі порівняно з провідними країнами.

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 дозволило 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 і виробничі переділи зашифровані в QR-коді, який кріпиться на кожному пакеті труб. Такий QR-код дозволяє споживачам компанії у 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 веб- сторінку, 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 проект впровадження IT-Enterprise.EAM для автоматизації управління основними виробничими фондами. У єдиній інформаційній системі міститься вся інформація про виробниче обладнання підприємств та його обслуговування: від класифікації обладнання та обліку простоїв до закупівель запчастин для необхідних ремонтних робіт. Одним з основних елементів IT-системи є автоматизований облік використання обладнання та його простоїв. Дані про час роботи основного устаткування в автоматичному режимі збирають встановлені на виробничих лініях контролери. Причини простоїв в інформаційну систему підприємства вносять майстри дільниць із комп'ютерів у цеху або з мобільних пристроїв. Модуль управління основними виробничими фондами постійно поповнюється новою інформацією та розширює можливості роботи користувачів. Результатом його застосування стало скорочення на 2 дол. вартості обслуговування виробничого обладнання на тонну виробленої продукції, підвищення на 2% коефіцієнта технічної готовності при зростанні завантаженості виробничих фондів удвічі та зменшення на 30% часу простоїв виробничого обладнання.

Іншим прикладом використання смарт-рішень в українській металургії є Група «Метінвест». Для забезпечення централізованого управління підприємствами, що входять у холдинг, по всьому виробничому ланцюжку та створення єдиного інформаційного простору Група трансформувала IT- службу в окрему компанію «Метінвест Діджитал», основним видом діяльності якої є консультаційні послуги у сфері комп'ютерних технологій.

Зокрема, компанія використовувала машинне навчання для поліпшення якості прогнозування споживання газу на печах відпалу металу в цеху холодного прокату та сталеплавильних печах на металургійному заводі «Запоріжсталь». За словами генерального директора «Метінвест Діджитал» С. Детюка, «машинне навчання дає у два рази більш точні та стабільні результати, ніж стандартні аналітичні моделі. А подальше накопичення даних поступово поліпшує модель і дозволяє застосовувати додаткові алгоритми прогнозування. Такі проекти ще раз підтверджують, що інвестиції у збір даних й автоматизовану систему управління технологічним процесом дають максимальну віддачу в результаті застосування аналітичних моделей

і машинного навчання. І ми готові продовжувати розвиток у цьому напрямі. Наші наступні кроки: плануємо використовувати підходи Data Science і технології машинного навчання для оптимізації витрат феросплавів».

Крім того, Група «Метінвест» завершила перенесення системи SAP на хмарну платформу і стала першим в Україні користувачем SAP HANA Enterprise Cloud (SAP HEC). Технологія SAP HEC дозволяє значною мірою зменшити витрати IT-структури, прискорити обробку великих масивів даних, підвищити рівень безпеки сервісів, підтримує операційну роботу і стає основою для майбутніх інноваційних проектів. Міграція 21 основної бізнес-системи (включаючи систему планування ресурсів підприємства, систему управління перевезеннями і закупівлями, кадрового адміністрування та розрахунку заробітної плати, систему бюджетування, фінансів та ін.) тривала 18 місяців. Перенесення дата-центрів на хмарну платформу SAP дозволило як підвищити надійність і безпеку самої платформи, так і сконцентруватися на бізнес-логіці роботи процесів. Тепер проектна команда формуватиме системний підхід до управління процесами підтримки систем, розміщених у SAP HEC, і гнучкого управління змінами.

Суттєве відставання української металургії від світових аналогів за темпами розвитку галузі та використанням смарт-технологій зумовлює відмінності й особливості її майбутньої розбудови на «розумних» засадах (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Особливості смартизації металургійної промисловості в Україні порівняно із світовими лідерами

Показник		Характеристика
Історичні передумови		Ідентичні
Актуальність		Зосереджена на підвищенні ефективності та конкурентоспроможності галузі
Необхідність		Ідентична
Мета		Ідентична
Сфера діяльності металургійних підприємств	виробнича	Відстає від світових аналогів за темпами та обсягом упровадження смарт-технологій, зосереджуючись на оптимізації роботи обладнання в режимі реального часу та скороченні операційних витрат у результаті використання інтернету речей, смарт-пристроїв, штучного інтелекту
	організаційно - економічна	Розвивається в руслі світових трендів, зосереджуючись на цифровізації продукції та послуг, підвищенні клієнтоорієнтованості, змінах у корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній із використанням інтернету речей, штучного інтелекту, смарт-пристроїв, предиктивної аналітики
	соціальна	Частково спрямована на поліпшення умов і безпеки праці на основі використання інтернету речей та смарт-пристроїв
Наслідки	позитивні	Здебільшого ідентичні, однак ефект може бути меншим
	негативні	В основному ідентичні, однак ефект може бути більшим

Якщо мета, історичні передумови та необхідність упровадження смарт- рішень у сталевиробництві України є подібними до глобальних трендів, то їх актуальність дещо відрізняється та більшою мірою пов'язана з можливістю зниження витрат у результаті використання новітніх технологій, оскільки вітчизняний металоринок нерозвинений, і немає потреби задовольняти посилені вимоги внутрішніх споживачів, тоді як зовнішні ринки досить нестабільні та характеризуються дуже високим рівнем конкуренції.

Приклад: щорічні темпи зростання в основних вітчизняних металоспоживаючих видах діяльності (машинобудування, будівництво, добувна промисловість) протягом останніх років здебільшого були від'ємними, окрім невеликого підйому у 2016-2017 рр., що більшою мірою пов'язано з низькою базою порівняння; в енергетиці частка відновлюваних джерел енергії, включно з гідрогенеруючими потужностями, роль яких у розвинутих країнах стає більш значущою та потребує додаткових обсягів удосконаленої металопродукції, у генерації електроенергії України у 2015 р. становила лише 5%, тоді як у Європі - 30%.

Напрями й обсяг упроваджуваних смарт-технологій у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств також мають національні відмінності.

У *виробничій сфері* досить широко використовуються датчики для контролю роботи обладнання, які дають швидкий ефект у вигляді виявлення проблем його функціонування на ранніх стадіях, оптимізації споживання сировинних ресурсів, підвищення точності й обсягу даних щодо технологічного процесу всередині агрегатів тощо. Зібрана інформація інтерпретується штучним інтелектом, що дозволяє уникнути помилок у майбутньому та змоделювати практично будь-який виробничий процес за допомогою концепції цифрових двійників.

Інтернет речей, який дозволяє управляти виробничим процесом у режимі реального часу та зв'язувати воєдино всі його частини на великій території, дистанційно керувати роботою будь-якого пристрою та обладнання, підключених до єдиної системи, також знайшов застосування на українських металургійних підприємствах. Однак його ефективне використання можливе лише за умов безперебійної роботи швидкісного інтернету, до якого підключені відповідні смарт-пристрої, на всій території, яку охоплює закупівля сировини та будь-якої необхідної техніки і технології, виробництво, збут, післяпродажне обслуговування та утилізація використаної продукції, тоді як в Україні цей процес ще не завершений. Якщо на самому підприємстві зазвичай забезпечується постійна робота інтернету, то поза його межами, особливо ближче до сільської місцевості, покриття може бути нестабільним (як приклад, менше 30% підприємств в Україні у 2017 р. мали максимальну швидкість широкосмугового з'єднання з мережею Інтернет 100 Мбіт/с і більше), що ускладнює набуття переваг від використання даної «розумної» технології.

Роботи, що можуть застосовуватися при дефіциті робочої сили та на небезпечних ділянках виробництва, у вітчизняній металургії не знайшли широкого розповсюдження, оскільки є дорожчими за звичайних працівників через досить низький рівень оплати їх праці порівняно з провідними країнами. Так, середньомісячна заробітна плата в галузі в Україні у 2017 р. становила 316,69 дол., або 280,73 євро, тоді як у США - 3790 дол., у країнах ЄС-28 (у 2016 р.) - приблизно 4166 євро.

Розробка принципово нових продукції та матеріалів теж не характерна для вітчизняної металургії, оскільки потребує значних капіталовкладень і часу на наукові дослідження та не затребувана на зовнішніх ринках, які здебільшого переорієнтовуються на виробництво власних інноваційних продуктів. В основному металурги поставляють на ринок продукцію, яку можна назвати вдосконаленою (посилені вимоги до механічних властивостей, нетиповий хімічний склад, нове покриття або профілерозмір). І хоча цей процес є необхідним для поточної діяльності металургійних підприємств з метою задоволення вимог споживачів, що частково відповідає концепції смартизації, його не можна вважати повноцінною складовою четвертої промислової революції.

3Д-друк в осяжному майбутньому також не знайде широкого застосування в українській металургійній промисловості внаслідок необхідності імпортувати як власне 3Д-принтери, так і дорогий порошок для роздрукування металопродукції. Крім того, в Україні немає значного попиту на унікальну продукцію, для якої був би потрібен тривимірний друк, через нерозвиненість металоспоживаючих галузей (особливо аерокосмічної, транспортного та енергетичного машинобудування), тоді як традиційний спосіб металовиробництва для металопродукції, що є основною для вітчизняної галузі (наприклад, арматури), сьогодні є набагато дешевшим.

В *організаційно-економічній сфері* впровадження «розумних» технологій, як і в усьому світі, відбувається найбільш стрімко внаслідок усвідомлення невідворотності та кардинальної переорієнтації виробництва готової продукції на запити клієнтів. Крім того, через суттєву експортоорієнтованість галузі українські металургійні підприємства не можуть залишатися осторонь пришвидшеної цифровізації (особливо фінансово-логістичних операцій), притаманної зарубіжним контрагентам, що змушує їх відмовлятися від роботи «на вал», вносити відповідні зміни в організаційну структуру компаній (винесення й агрегування в окремих підрозділах деяких функцій - фінанси, ІТ-сектор, ремонтні роботи, управління персоналом, закупівлями, збутом), перебувати на зв'язку в режимі реального часу із споживачами та постачальниками тощо.

Наразі вітчизняні металургійні компанії впроваджують ERP-системи, призначені для автоматизації управління виробничими і фінансовими потоками, складськими запасами й одержання інформації про їх динаміку з різним ступенем охоплення та глибиною проникнення, що дозволяють значною мірою прискорити збір й аналіз даних, оцінку потенційних ризиків, прийняття рішень, скоротивши одночасно чисельність персоналу.

У *соціальній сфері* на сьогоднішній день практично відсутні зміни під впливом смарт-технологій за винятком деякого поліпшення умов і безпеки праці в результаті використання спеціального обладнання та зменшення фізичної присутності працівників на небезпечних ділянках. У майбутньому це може стати проблемою через незворотність таких змін, до яких галузь буде не готова. Крім того, в Україні відсутні комплексні централізовані програми адаптації та перекваліфікації металургійних працівників, які можуть вивільнитися внаслідок смартизації металургійної промисловості.

Основні *наслідки розвитку металургії на «розумних» засадах в Україні* здебільшого подібні до загальносвітових і зосереджуються на змінах ефективності діяльності металургійних підприємств, трансформаціях на ринку праці, кібербезпеці та відносинах із контрагентами. Однак у вітчизняній металургійній промисловості

ефект від позитивних наслідків використання «розумних» технологій може бути нижчим, а від негативних, навпаки, вищим через незадовільний стан галузі та загальну неготовність країни до сприйняття впроваджуваних смарт-рішень. Загальне відставання у масштабах, швидкості та глибині використання смарт-технологій в економіці й суспільстві посилює залежність української металургії від зарубіжних розробок та нав'язує наздоганяючу стратегію розвитку.

Поступовому зменшенню розриву у смартизації вітчизняної металургійної промисловості порівняно зі світовими лідерами може сприяти переведення розвитку металургійних підприємств і державної галузевої політики у площину «довгих інтересів» на основі державно-приватного партнерства з наданням пріоритету розробці й подальшому комерційному впровадженню інновацій в усіх сферах життя країни. Це допоможе точніше визначити та реалізувати стратегічні напрями діяльності галузі, які б відповідали як найсучаснішим трендам становлення «розумної» металургії, так і цілям й інтересам усього суспільства, а також вирішити проблему обсягів і пріоритетних напрямів фінансування та державної підтримки науково-технологічних та соціально-економічних змін у процесі становлення смарт-виробництв.

Необхідна спільна з професійно-технічними та вищими навчальними і науковими закладами участь у підготовці фахівців нового покоління з вищим рівнем цифрової культури, здатних до глибокого поєднання і всебічного застосування діджитал-технологій у реальному секторі економіки та готових до безперервного навчання.

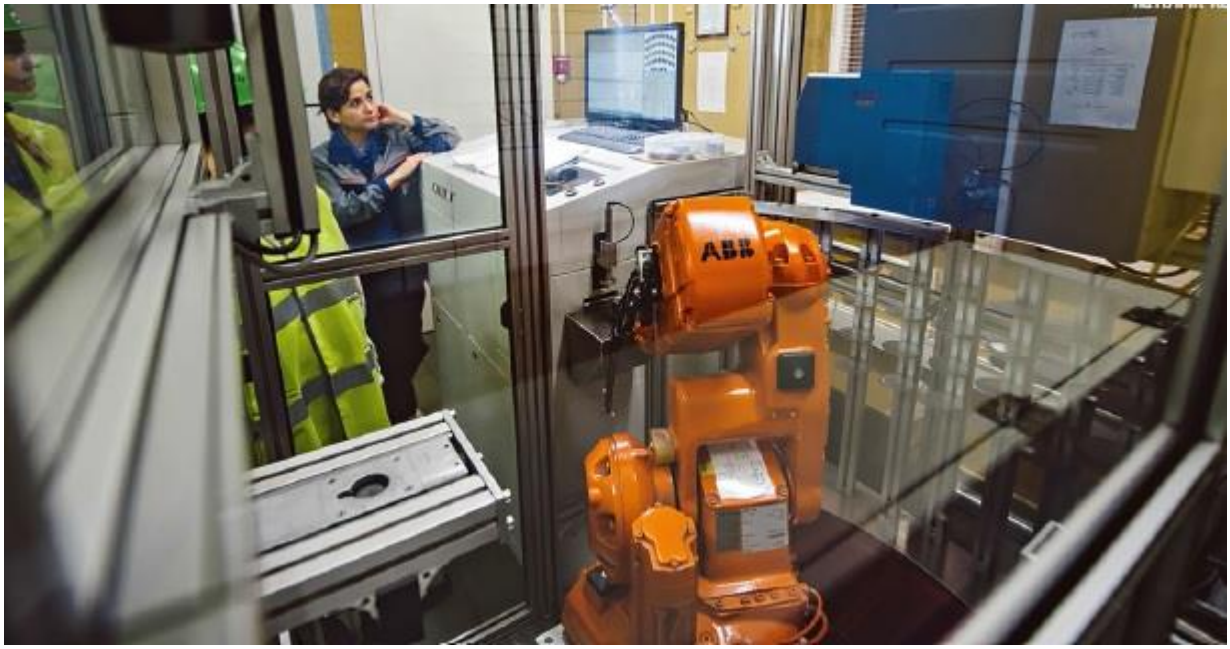
Доцільним вбачається удосконалення законодавчо-нормативної бази щодо врегулювання економічних механізмів та інституційних умов діяльності української промисловості й окремих галузей у контексті завдань розгортання смарт-виробництв, насамперед стосовно визначення стратегічних рамкових цілей і завдань їх розвитку, державного стимулювання інноваційної діяльності, поліпшення інституційних умов взаємодії виробництва з наукою та інвесторами.

Контрольні питання

1. Наведіть передумови та проблеми смартизації галузі в Україні.
2. Охарактеризуйте показники діяльності металургійної промисловості України.
3. Опишіть динаміку обсягів виробництва та видимого споживання металу в Україні.
4. Оцініть динаміку виробничих потужностей з виплавки сталі та рівня їх завантаження в українській металургії
5. Охарактеризуйте динаміку питомої ваги України в загальносвітовому обсязі сталеплавильних потужностей, виробництва сталі та споживання металопродукції.
6. Опишіть динаміку експорту та імпорту металопродукції з України
7. Опишіть особливості та наслідки впровадження смарт-рішень і технологій в українській металургії.

Розділ 5
МЕТАЛУРГІЯ МАЙБУТНЬОГО: ЩО ЧЕКАЄ ГАЛУЗЬ В ЕПОХУ ЧЕТВЕРТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

«Металургія – традиційна та консервативна галузь». Досить часто такі заяви можна почути з найвищих трибун конференцій. Так, бізнес металургів залежить від сотень хімічних та фізичних процесів, будівництво доменної печі може тривати кілька років, а сталь як матеріал почали використовувати ще до нашої ери. Але ті, хто дорікає металургії у консерватизмі, швидше за все, давно не були на сучасному виробництві, де цифрові технології вже давно стали частиною виробничих процесів. Але світ змінюється дуже швидко, і встигати за швидкістю змін це справжній виклик для багатьох.



Для планування майбутніх інновацій потрібна серйозна аналітична робота та системний підхід, адже ставки дуже високі. Так формується справжня інноваційна екосистема, у якій, як і екосистемі біологічної, кожен елемент пов'язані друг з одним впливає загальне розвиток і процвітання.

У провідних компаніях за розвиток та впровадження нових технологій відповідає інноваційний блок, що складається з кількох центрів компетенцій, а взяти участь в інноваційному проекті може кожен співробітник компанії.

У дирекції з досліджень та розробок (R&D) працюють над покращенням властивостей існуючих сталей, розробкою нових марок та нових технологій виробництва сталі.

У дирекції з цифрової трансформації створюють умови ефективної роботи продуктових команд, які розкривають цифровий потенціал виробництв і функцій.

У лабораторії інновацій зайняті пошуком інноваційних рішень щодо широкого спектру напрямків та технологій, які необхідні дивізіонам та функціям компанії для вирішення їхніх реальних проблем. У тому числі застосовується формат відкритих інновацій – робота із зовнішніми партнерами: венчурними фондами, інститутами розвитку та іншими профільними центрами експертизи.

Виходить, що вже зараз у компаніях окреслюють той контур майбутнього, у якому металургія розвиватиметься у наступні десятиліття. Погляньмо, з якими основними трендами фахівці компанії пов'язують можливий розвиток нашої галузі.

ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ

Роботи, які нас цікавлять, не мають нічого спільного з двоногими машинами-кіборгами із голлівудських фільмів. Заводи майбутнього зацікавлені у промислових роботах (тих, що допомагають автоматизувати виробничий процес, головним чином це маніпулятори) та у роботах сервісних (ці виконують корисну роботу для людей та обладнання). Металургам нової промислової ери стануть у нагоді активні екзоскелети, роботи-прибиральники, логістичні роботи, автономні самоскиди та безпілотні літальні апарати для моніторингу стану доріг у кар'єрах.

У металургії, де люди можуть виконувати досить небезпечні операції, ідея замінити людину робота буде актуальною ще довго. «Залізний металург» зможе взяти на себе ризиковані процеси: роботу з гарячим металом, елементами верстатів, що рухаються, роботу з перевищенням фізичного навантаження.

Чотири D роботизації

Експерти Міжнародної федерації робототехніки визначили типи завдань, котрим доцільно застосовувати робототехніку.

1. **Dull (томлюючі):** повторювані та стомлюючі завдання з типовим алгоритмом, який роботи чудово вміють виконувати (сортування предметів, складання та зварювання типових деталей).
2. **Dirty (брудні):** завдання, пов'язані з перебуванням у неприємних умовах праці, які просто повинні бути зроблені та від яких людей можна звільнити (каналізаційна розвідка, доїння корів, розтин та розвідка шахт).
3. **Dangerous (небезпечні):** завдання, пов'язані з ризиком для здоров'я та життя людини (знешкодження мін, робота з гарячим металом, маніпуляції з радіаційно зараженими об'єктами).
4. **Dear (дорогі):** цей пункт був доданий Ендрю Макафі та Еріком Бріньйолфсоном у їхній книзі «Машина, платформа, натовп. Наше цифрове майбутнє. Словом «дорогі» вони визначили відповідальні операції, де використання роботів дозволяє скоротити витрати чи підвищити ефективність процесів.

3D-ДРУК

Сучасний 3D-принтер – це вже не іграшка для виготовлення сувенірів із пластику. Зараз його використовують у безлічі галузей, і працювати він може з різними матеріалами: металом, полімерами, формувальним піском, керамічним порошком і так далі. Не дивно, що ринок 3D-принтерів сьогодні вже перевищує $10 млрд.

У чорній металургії 3D-друк застосовується переважно у ремонтних комплексах. Через величезну номенклатуру деталей (а це тисячі позицій) їх найчастіше ефективніше робити самим, ніж закуповувати у стороннього виробника, чекати на виготовлення та доставки на майданчик. А якщо використовувати інженерне 3D-моделювання, можна додатково оптимізувати геометрію деталі, наприклад, знизивши вагу або поліпшивши систему каналів охолодження. Все це дозволить надрукувати нову деталь, не виходячи із цеху.

Так, у фасонно-ливарному цеху освоюють технологію 3D-друку піщаних форм для лиття деталей. Це дозволить скоротити витрати на закупівлю дорогих запасних частин, зокрема зі складною геометрією.

НОВА ЕНЕРГЕТИКА

Жодне промислове підприємство зможе працювати без використання енергії, а металургії частка витрат за паливно-енергетичні ресурси може досягати 30% і більше.

Наша галузь – одна з найенергоємніших у промисловості, тому основний вектор розвитку енергетики у металургії – це скорочення витрат на енергопостачання, насамперед за рахунок підвищення енергоефективності технологічних процесів.

«Але незважаючи на те, що воднева енергетика – це радше реальність наступного десятиліття, ми вже зараз уважно вивчаємо технології виробництва водню та його використання як палива для металургійних агрегатів».

ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

Здоров'я та життя співробітників є ключовою цінністю, тому компанія також шукає інновації і в цій сфері. У цьому напрямі вже з'являється багато цікавих проектів. Наприклад, існують алгоритми, які за зображенням з камер відеоспостереження здатні визначити, чи є у робітника необхідні засоби захисту. Існують системи, які допомагають контролювати режими серцевого ритму у працівників. Робочий одягає футболку з кардіоелектродами, яка підключена до смартфона бездротовим способом. Якщо у нього починаються проблеми із серцевим ритмом, смартфон передасть цю інформацію на медичний операторський пульт. Вже проводяться випробування системи, яка запобігає зіткненню кранів із перешкодою. Вона побудована на основі радіочастотних випромінювачів: обмінюючись сигналами, вони визначають відстань до об'єкта та швидкість крана, зупиняючи його у разі небезпечного зближення. Випробовували в компанії та систему, яка контролює появу персоналу в небезпечних виробничих зонах: спеціальні трекери, вбудовані в каску або браслет, показують розташування співробітника на 3D-плані приміщення. З'явилося навіть рішення на основі браслета та технології Bluetooth Low Energy 5.0 – браслет сигналізує, якщо його господар порушує соціальну дистанцію, а також фіксує час, дату та унікальний ідентифікатор працівника. Це допомагає відновити його маршрут у разі поширення зараження. показують розташування співробітника на 3D-плані приміщення. З'явилося навіть рішення на основі браслета та технології Bluetooth Low Energy 5.0 – браслет сигналізує, якщо його господар порушує соціальну дистанцію, а також фіксує час, дату та унікальний ідентифікатор працівника. Це допомагає відновити його маршрут у разі поширення зараження. показують розташування співробітника на 3D-плані приміщення. З'явилося навіть рішення на основі браслета та технології Bluetooth Low Energy 5.0 – браслет сигналізує, якщо

його господар порушує соціальну дистанцію, а також фіксує час, дату та унікальний ідентифікатор працівника. Це допомагає відновити його маршрут у разі поширення зараження.

ВІРТУАЛЬНА І ДОДАТКОВА РЕАЛЬНІСТЬ

Такі технології використовуються не тільки в ігровій індустрії, а й у навчанні, медицині, промисловості. За оцінкою експертів, світовий ринок цих технологій у 2020 році наблизиться до 20 млрд. доларів. Звичайно, не залишиться осторонь і металургія. Вже сьогодні, використовуючи окуляри віртуальної реальності, можна змоделювати глибоке візуальне занурення у ситуацію, де людина стає учасником небезпечного інциденту, операції чи технологічного процесу та вчиться на них правильно реагувати. Технології доповненої реальності мають великий потенціал у технічному обслуговуванні та ремонтах: вони дозволяють виводити на окуляри технологічну карту або відеоінструкції. Так вже працюють у Boeing: там доповнену реальність використовували для встановлення провідного з'єднання електричних та електронних компонентів систем керування літака Freighter 787-8.

У ремонтній службі зараз опрацьовується проект «Цифровий робітник». Він призначений для допомоги спеціалістам, які експлуатують складне обладнання. На екран спеціальних окулярів виводиться інструкція з роботи з обладнанням та послідовністю кроків. Також в окуляри вбудована камера: те, що бачить робітник, вона реально передає на монітор віддаленого експерта. При цьому експерт може допомогти робітнику, перебуваючи на будь-якій відстані. Таким чином скорочується кількість помилок під час експлуатації та ремонту обладнання.

ПРЕДИКТИВНА АНАЛІТИКА СТАНУ ОБЛАДНАННЯ

Робота будь-якого промислового обладнання має масу параметрів: кількість споживаної енергії, температура агрегату та його окремих елементів, швидкість обертання та вібрації рухомих вузлів, хімія та фізика внутрішніх рідин та газів та багато іншого.

Накопичивши певну кількість значень цих параметрів протягом тривалого терміну роботи устаткування, можна встановити їх залежність друг від друга. Крім того, можна зрозуміти, що станеться з обладнанням у майбутньому, якщо параметри почнуть змінювати значення. Займаються такою аналітикою спеціальні цифрові алгоритми, завдяки яким можна точніше планувати ремонти, прогнозуючи стан обладнання та скоротити ризики позапланових простоїв. Вже сьогодні на моталках стану 2000 року випробовується комплекс предиктивної вібродіагностики. Він визначає динаміку розвитку дефектів у часі та термін переходу дефекту у критичний стан.

СТАЛЬ МАЙБУТНЬОГО: ЯКОЮ ВОНА БУДЕ

Усі тренди, про які ми писали вище, стосуються роботи металургійних підприємств. Але чи збережеться взагалі наша галузь промисловості у далекій перспективі? Чи залишиться у суспільства майбутнього потреба у сталі чи її витіснять інші матеріали? Експерти заспокоюють: поки що стали не боятися своїх найближчих конкурентів. А якщо дослідження з пошуку нових якостей стали будуть продовжуватися, вона взагалі зможе надовго залишитися в званні матеріалу номер один.

Переваги легких сплавів і композитів – менша маса, але вони програють стали з цілого ряду механічних характеристик. Кераміка має високу зносо-і жаростійкість, але при цьому дуже тендітна і не витримує циклічних навантажень; пластики – легкі

та пластичні, але мають знижену міцність, а також легко руйнуються під впливом температури. Сталь ж, крім значно більших обсягів виробництва за меншої собівартості продукції, поєднує у собі перераховані показники і за загальної сукупності якостей немає аналогів. Тому її безперечно можна вважати матеріалом майбутнього. Причому це буде сталь з різними властивостями: вже зараз ведуться розробки, які дозволять створювати сталі з необхідним для того чи іншого застосування рівнем властивостей. Нещодавно було підраховано, що у своєму розвитку виробництво сталі за останні 20 років пройшло більший шлях, ніж за все XX століття. Тому зараз у світі спостерігається зворотна тенденція: сталь починає витісняти інші матеріали із окремих областей. Так, розробка надвисокоміцних сталей (AHSS, TRIP, TWIP) та нових технологій їх обробки дозволила значно полегшити масу деталей кузова автомобіля. Це спричинило помітне скорочення застосування легких сплавів і композитів в автопромі.

У сучасному матеріалознавстві вже зараз чимало тенденцій, які раніше вважалися неможливими. Наприклад, щоб сталь не іржавіла, до неї в процесі виплавки зазвичай додають дуже дорогі ніобій, титан і ванадій. Виявилося, що їх можна замінити на мідь. За певних умов термічної обробки сталі утворюються частинки унікального з'єднання з залізом – перенасиченого твердого розчину міді в решітці заліза. Наночастинки міді розподіляються за обсягом сталі і дають їй таку саму стійкість до корозії, як і дорожчі добавки. Таке кероване формування наночастинок в обсязі сталі – один із перспективних трендів галузевого матеріалознавства, що активно розвивається.

Не виключено, що металургія майбутнього почне працювати зі сталями, у яких будуть й інші унікальні властивості, – їхня поява залежить від того, які якості стали затребувані у наших клієнтів. Наприклад, аморфні сталі – це сталі, які мають кристалічної структури, але мають гранично низькими магнітними втратами до 0,2 Вт/кг.

Розвиток металургійної галузі не може йти окремо від інших: металурги мають не лише вирішувати поточні завдання, а й уже зараз думати про майбутнє разом із клієнтами. Інновації – відкрита екосистема: у світі, де налагоджений обмін інформацією, спільне експертне вивчення проблем та аналітичне прогнозування, ви не тільки не відстанете від прогресу, а й опинитеся в його авангарді.

ДУМКИ

Є кілька ключових трендів, які визначать подальший розвиток галузі: водневу енергетику, утилізацію вторинного тепла металургійних процесів, використання відновлюваних джерел та зберігання енергії. Кожен із них несе у собі величезний потенціал.

Енергоефективність нерозривно пов'язана з кліматичним повісткою, оскільки зниження енергоспоживання, насамперед вуглеводнів, скорочує емісію парникових газів. Останнім часом і в чорній металургії, і в енергетиці все частіше стали говорити про водень як паливо майбутнього. Головна цінність від застосування водню в металургії – це можливість відмовитися від використання вуглецевих видів палива (вугілля, кокс, природний газ). Орієнтація на проекти водневої металургії стає довгостроковим трендом. Наприклад, у рамках ініціативи HYBRIT (учасники – компанії SSAB, LKAB, Vattenfall) планується розпочати виробництво сталі із застосуванням водню у 2035 році. Однак водень поки обходиться дорожче, ніж паливо, що містить вуглецю, а реального зниження емісії CO_2 можна досягти лише за

використання «зеленої» енергії з відновлюваних джерел виробництва водню. Але незважаючи на те, що воднева енергетика – це радше реальність наступного десятиліття, ми вже зараз уважно вивчаємо технології виробництва водню та його використання як палива для металургійних агрегатів.

Наслідуючи принципи мінімізації впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності використання ресурсів, ми також регулярно оцінюємо варіанти ефективної утилізації вторинних енергоресурсів на майданчиках Групи. Так, наприклад, у металургійних процесах існує безліч джерел вторинного тепла (сляби, шлаки, нагрівальні печі, димові гази), яке можна використовувати для вироблення тепло- або електроенергії для потреб підприємства. Найбільший інвестиційний проект Стратегії 2022 – нова утилізаційна електростанція – приклад такої технології, як паливо вона використовуватиме вторинні металургійні гази.

Питання накопичення та зберігання електроенергії також знаходиться на порядку денному. Відповідні технології активно розвиваються, вартість зберігання знижується, а обсяги накопичувачів зростають. Тому ми також моніторимо технологічні тренди в цій галузі та регулярно оцінюємо можливість застосування відповідних рішень у рамках Групи.

Можна впевнено сказати, що у майбутньому збережеться попит на високоміцні сталі. Наведу приклад: Tesla Cybertruck, футуристичний пікап від Tesla, представлений у листопаді 2019 року, повністю виготовлений із понадвисокоміцної сталі. Кузов автомобіля виготовлений із надтвердої холоднокатаної нержавіючої сталі 30Х. Маск уточнив, що 30Х - це умовне позначення нової марки сталі 300-ї серії, яка для підвищення міцності піддається багатостадійному загартування. Така сталь повинна штампуватись на пресі – кузов Tesla Cybertruck виготовлений з єдиного листа товщиною 3 мм, складеного в кількох місцях. Навіть згинання вимагає глибокого зазору на внутрішній стороні згину. Таке ось орігамі для дорослих.

Будуть потрібні сталі з підвищеною корозійною стійкістю. Це, наприклад, атмосферостійкі сталі, сталі, стійкі у різних ґрунтах, або ті, які використовують для транспортування корозійних середовищ, таких як газ та нафта. Великий потенціал має напрямок з виробництва прокату з різними функціональними покриттями. Наприклад, покриття, що самовідновлюються, або антибактеріальні. Це дозволить збільшити термін експлуатації виробів із такого прокату. Ще один важливий напрямок – енергогенерація та енергозбереження. У НЛМК вже зараз йдуть роботи зі створення покриттів на сталеву черепицю, які здатні під впливом сонячного світла виробляти електроенергію.

Кероване формування нанорозмірних частинок обсягом сталі – це тренд сучасного матеріалознавства, який є перспективним і активно розвивається.

Контрольні питання

1. Опишіть особливості застосування робототехніки в промисловості.
2. Охарактеризуйте можливості використання 3Д-друку в металургії.
3. Опишіть особливості економії енергії.
4. Охарактеризуйте можливості промислової безпеки.

Розділ 6
ПРОЕКТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

6.1 «ІНТЕРПАЙП»

«ІНТЕРПАЙП» – міжнародна вертикально інтегрована компанія, виробник безшовних та зварних труб, а також залізничних коліс. Компанія входить до десятки найбільших у світі виробників безшовних труб, а також є третім у світі виробником цілокатних залізничних коліс. Продукція компанії поставляється до 80 країн світу через мережу торгових офісів, що розташовані на ключових ринках.

До структури холдингу входить керуюча компанія, 5 ключових заводів та торгові офіси по всьому світу.

Протягом кількох років на ключових виробничих майданчиках холдингу велося впровадження ERP-системи IT-Enterprise, яка часом заміняла існуючі раніше розрізнені рішення. Для ефективного управління всім холдингом, у тому числі й закордонними представництвами компанії, виникла потреба у побудові єдиного інформаційного управлінського середовища.

Метою нового проекту була побудова інформаційної інфраструктури холдингу, яка б об'єднала інформаційні потоки окремих підприємств групи та забезпечила б кращу керованість активами.

Як відома металургійна компанія Інтерпайп використовує єдину інформаційну систему IT-Enterprise для управління бізнес-процесами компанії: фінансами та бухобліком, персоналом, закупками, виробництвом та ремонтами:

1 Опис проекту

Основою процесів цифрової трансформації трубно-колісного холдингу «Інтерпайп» стало комплексне рішення ERP для управління бізнесом IT-Enterprise.

IT-Enterprise успішно впроваджено та запущено в промислову експлуатацію на всіх заводах «Інтерпайп». Ключове призначення IT-системи у виробництві: забезпечити простежуваність стан виконання замовлення у режимі online на всіх етапах виробництва – від лиття заготовки до відвантаження готової продукції клієнтам.

Використання IT-технологій у трубному виробництві у кілька разів підвищує швидкість документарного оформлення під час приймання заготівлі. Вся інформація зберігається у єдиній всім підприємств групи базі даних. Дані про замовлення та виробничі переробки зашифровані в QR-коді, який кріпиться на кожному пакеті труб.

Простеження руху матеріалів у виробництві

Система простежуваності реалізована на основі бездротових технологій Wi-Fi та інтеграції зчитувачів з автоматикою обладнання. Інформацію про проведені виробничі операції можна внести до IT-системи за допомогою спеціальних терміналів у цеху.

Скорочується час на ідентифікацію продукції під час технологічного процесу. Дані про продукцію автоматично підтягуються перед налаштуванням обладнання. Участь оператора при внесенні даних про труби зводиться до мінімуму, завдяки чому

знижується ризик припуститися помилки при введенні даних у систему через людський фактор.

Автоматизація маркування та таврування труб

Процес маркування та таврування трубної продукції автоматизований: шаблон маркування формується автоматично залежно від стандарту виготовлення продукції та вимог клієнта.

Дані для маркування «підтягуються» із системи за номером замовлення – шаблон заповнюється конкретними значеннями бази даних системи управління виробничим обладнанням. Оператор вводить лише номер замовлення. Автоматизація дозволяє уникнути помилок та штрафів щодо рекламацій.

Інвентаризація з автоматичним підрахунком труб

Щомісяця кожен цех проводить інвентаризацію трубної продукції. Контроль за оформленням бірок можна прискорити, використовуючи спеціально розроблений мобільний додаток. У додатку використовується технологія розпізнавання образів з урахуванням машинного навчання з можливістю подальшого навчання.

Достатньо зробити фотографію трубного пакета, і програма самостійно визначить кількість труб у пакеті. Додаток використовує ту саму єдину базу номенклатури продукції, що використовується на підприємствах групи.

Верифікація походження трубної продукції для клієнтів

Завдяки online-сервісу верифікації трубної продукції клієнт компанії може самостійно перевірити необхідну інформацію, вважаючи QR-код із бирки трубного пакета. Завдяки цьому мобільному рішенню вся інформація про продукцію доступна в один клік. QR-код перенаправляє клієнта на веб-сторінку, що містить необхідні деталі про продукцію: країна призначення, кількість тонн, номер сертифіката якості, номер плавки, дата відвантаження, завод-виробник, країна виробництва. Усі дані про продукцію зберігаються в єдиній інформаційній системі.

Колісне виробництво

Інтеграцію виробничого обладнання з єдиною інформаційною системою реалізовано і в колесопрокатному цеху заводу «Інтерпайп НТЗ». Як і для трубної продукції інформація про колісні замовлення та виконані виробничі операції зберігається в єдиній для всього холдингу базі даних.

На основних етапах виробництва реалізовано систему простежуваності. Кожне колесо у цеху переміщається від операції до операції зі своєю технологічною биркою. Збір даних відбувається у автоматичному режимі. Інформація про виконані операції вноситься до IT-системи IT-Enterprise робітниками цеху через спеціальний термінал або з мобільних пристроїв.

Європейські та американські залізниці та вагонобудівники отримають продукцію з унікальним QR-кодом. Такий код за необхідності дозволить отримати інформацію про кожне колесо: номер колеса, дата виробництва, марка сталі, конструкція колеса, типорозмір. Це обов'язкове вимоги клієнта, регламентоване стандартом.

Управління виробничим обладнанням

У компанії «Інтерпайп« реалізований проект впровадження Smart-EAM, завдяки якому автоматизовано управління основними виробничими фондами. У єдиній інформаційній системі міститься вся інформація про виробниче обладнання підприємств та його обслуговування: від класифікації обладнання та обліку простоїв до закупівель запчастин відповідно до розроблених карт ремонтів, аналізу витрат, планування та контролю ремонтних робіт.

Один із основних елементів IT-системи – автоматизований облік використання обладнання та його простоїв. Дані про час роботи основного устаткування автоматичному режимі збирають встановлені на виробничих лініях контролери. Причини простоїв в інформаційну систему підприємства вносять фахівці дільниць з комп'ютерів у цеху або з мобільних пристроїв. Це рішення – ефективний інструмент для контролю ремонтів, оптимізації роботи складу та процесу закупівель запчастин, проведення комплексного аналізу роботи обладнання, включаючи RCM-аналіз. Модуль управління основними виробничими фондами постійно поповнюється новою інформацією та розширює можливості роботи користувачів. У перспективі ця розробка перетвориться на автоматизовану систему повної діагностики виробничого обладнання.

Ключові фактори проекту

- на 20% скоротився час узгодження замовлень
- на 45% підвищилася ефективність виробничого персоналу
- на 30% скоротився час простоїв виробничого обладнання

Результати роботи

Трубно-колісний холдинг «Інтерпайп« використовує єдину інформаційну систему IT-Enterprise для централізованого управління усіма основними бізнес-процесами компанії:

- Фінансами;
- бухгалтерським та податковим обліком;
- Управлінням персоналом;
- Управлінням закупівлями;
- Управлінням замовленнями;
- плануванням та управлінням виробництвом;
- Управлінням ремонтами виробничого обладнання.

Комплексна ERP-система IT-Enterprise зарекомендувала себе як ефективну систему бізнес-аналізу, планування та прийняття управлінських рішень.

2 Інструмент ефективної трансформації промислового холдингу «ІНТЕРПАЙП« SMART FACTORY від IT-Enterprise

«ІНТЕРПАЙП» – міжнародна вертикально-інтегрована компанія, виробник безшовних та зварних труб, залізничних коліс. Компанія входить до десятки найбільших у світі виробників безшовних труб, є третім у світі виробником цілокатних залізничних коліс. До структури холдингу входить керуюча компанія, 5 заводів та торгові офіси по всьому світу. Продукцію компанії постачають у 80 країн.

Протягом кількох років на ключових виробничих майданчиках холдингу велося впровадження ERP-системи IT-Enterprise, яка часом заміняла існуючі раніше розрізнені рішення. Однією із найважливіших цілей трансформації стало підвищення

ефективності управління виробничими підрозділами холдингу. Для реалізації змін обрано комплексну ERP-систему IT-Enterprise, яку впровадили на всіх виробничих підприємствах холдингу. Це дозволило підвищити продуктивність виробничих майданчиків, перейти від об'ємного планування до замовленого планування, що забезпечило виконання більше 90% замовлень клієнтів у термін, підвищило маневреність та конкурентоспроможність холдингу на ринку.

Опис проекту

Управління виробництвом у системі IT-Enterprise охоплює основний та супутні процеси управління та базується на сучасній концепції SmartFactory – реалізації елементів Industry 4.0.

Ключові принципи, на яких базується SmartFactory:

- Здатність збирати та зберігати дані online;
- Децентралізація
- Доступність у формі сервісу
- Взаємодія між IT-системою та обладнанням за допомогою IIoT
- Модульна структура
- Підтримка мобільних платформ

Пріоритети Industry 4.0 у виробництві – індивідуалізація та оперативність виконання замовлень. Увага до деталей кожного замовлення та вимог окремого клієнта - призводить до зростання кількості замовлень. Це потребує підвищення продуктивності обладнання. У умовах критично важливими стають скорочення кількості переналагодок устаткування (вимушених непродуктивних простоїв) і своєчасне постачання сировини.

За ефективні переналагодження відповідають робітники, а їх дії повинні бути синхронізовані з оптимальним виробничим процесом, який розраховується системою. При великій кількості замовлень і переналагодження навіть невеликі розбіжності призведуть до затримок у виконанні замовлень і зриву виконання всього виробничого плану.

Для підвищення рівня обслуговування клієнтів (кількості замовлень, що виконуються у задані терміни та в повному обсязі) та підвищення ефективності використання виробничого обладнання на підприємствах холдингу реалізовано наскрізне управління випуском замовлень. Синхронізація цехового персоналу та виробничого обладнання досягається завдяки використанню сучасних засобів Industrial Internet of Things, що інтегрують дані рівня цеху в єдиній ERP-системі. Застосування сучасних процедур оптимізації скорочує до мінімуму кількість переналагодження та дозволяє швидко побудувати ефективний виробничий план.

Підвищення оперативності прийому та зміни замовлень

У системі реалізовано наскрізний процес виконання виробничих замовлень: від прийому замовлення – до відвантаження готової продукції. Система управління виробничими процесами складається з модулів ERP управління виробництвом, що дозволяє фіксувати розміщення нових замовлень на заводі та здійснювати об'ємно-календарну оцінку завантаження виробничих потужностей (від місяця до року); модулів APS, за допомогою яких будується тижневе планування, змінно-добові плани виробництва на робочих центрах, виробничий облік продукції, облік та аналіз якості продукції, супутні процеси.

«Кошик замовлень» – ключовий інструмент оперативності виконання замовлень, аналізу реалізації «стандартних» замовлень та змін до замовлення. Аналіз

проводиться щодо виконання замовлення з урахуванням обмежень за ресурсами – сировиною, виробничим потужностям, цеховому персоналу. Зміни аналізують з погляду допустимості та кінцевої вартості замовлення.

Контроль та ідентифікація руху матеріалів у виробництві

Розвиток технологій бездротового зв'язку та промислової автоматики дозволили встановити на підприємствах холдингу наскрізну систему простежуваності. Дані про рух матеріалів цеху зчитуються сенсорами. Завдяки їхній інтеграції з автоматикою обладнання, вони оперативно потрапляють до системи. Інформацію про проведені виробничі операції майстер ділянки може внести в IT-систему за допомогою спеціальних терміналів у цеху.

Скорочується час на ідентифікацію продукції під час технологічного процесу. Дані про продукцію автоматично підтягуються перед налаштуванням обладнання. Участь оператора при внесенні даних про труби зводиться до мінімуму – це знижує ризик помилки під час введення даних у систему через людський фактор.

Оперативне планування виробництва

Функціонал оперативного планування виробництва формує прогноз виконання замовлень за критеріями оптимізації, базуючись на інформації про прийняті замовлення.

Окрім формування змінних завдань по робочих центрах у розрізі замовлень, стає відома добова потреба в основних матеріалах (трубній заготівлі) для реалізації місячної виробничої програми.

Ця інформація дає змогу досягти:

- скорочення витрат зберігання матеріалів
- зниження ризиків порушення графіка прокату
- зриву термінів виконання замовлень
- Поліпшення ритмічності роботи виробництва
- Скорочення простоїв обладнання.

Усе це призводить до підвищення ефективності роботи цехів.

Рішення, що підключаються для даного завдання

Рішення на базі EAM-системи IT-Enterprise.EAM

Результати роботи

IT-Enterprise.SmartFactory заснована на методології RCM2. Впровадження цієї системи управління основними виробничими фондами на заводах холдингу ІНТЕРПАЙП скоротило витрати на технічне обслуговування, ремонт вузлів виробничого обладнання на основі інформації про поточний стан. Перехід до Predictive Maintanence забезпечив надійність роботи обладнання завдяки проведенню попереджувальних ремонтів у той момент, коли можливість відмови вузлів стає високою.

Використання інструментарію «Кошик замовлення» дозволило клієнту знати поточний стан замовлення, а виконавцю – аналізувати статистику: вивчення статистичних даних виявляє закономірності у структурі замовлень та підвищує якість прогнозування. Час прийому замовлень скоротилася до однієї доби, реакція заводських служб на зміни до замовлень - теж скоротилася. Нові дані дали можливість переглянути нормативні та цільові показники роботи підприємства.

Простеження продукції виробничого обліку дозволило підприємству успішно пройти сертифікацію трубної продукції на відповідність світовим стандартам якості.

3 Єдине казначейство холдингу «ІНТЕРПАЙП» засноване на ERP-рішенні IT-Enterprise

Інтерпайп– міжнародна вертикально-інтегрована компанія, виробник безшовних та зварних труб, а також залізничних коліс.

Компанія входить до десятки найбільших у світі виробників безшовних труб. Обсяг продажів трубної та колісної продукції у 2015 р. становив 600 тис. тонн.

Інтерпайпє третім за величиною виробником цілокатних залізничних коліс у світі. Продукція Компанії поставляється в 80 країн світу через мережу торгових офісів, що розташовані на ключових ринках СНД, Близького Сходу, Північної Америки та Європи.

Вертикально-інтегрована структура холдингу Інтерпайп є звичною структурою фінансово-промислової групи. Розподілені по всій території України заводи займаються збиранням металобрухту. Цей брухт потрапляє на завод із переробки сталі. Інтерпайп має найпередовіший на території Європи сталеплавильний завод, що знаходиться в Дніпропетровську. Вхідною сировиною заводу Інтерпайп Сталь виступає брухт, продукцією заводу є трубна заготовка, яка надходить для виробництва сталевих гарячекатаних труб на інші заводи холдингу Інтерпайп, а також використовується для виробництва зварних труб. Крім того, ця заготівля продається іншим підприємствам, які можуть використовувати її у виробництві.

Опис проекту

Впровадження системи управління на заводах холдингу Інтерпайп велося послідовно – спочатку ERP-система обкочувалась на одному з підприємств, а після успішного завершення проекту отримане рішення масштабувалося на інші заводи холдингу. Тоді кожне з виробничих підприємств самостійно приймало рішення про запровадження систем автоматизації. Це призвело до того, що підприємства холдингу Інтерпайп мали різні бізнес-процеси, незважаючи на те, що на всіх заводах була впроваджена єдина ERP-система IT-Enterprise.

Топ-менеджмент холдингу відзначив невисокий рівень управління фінансово-економічними даними, через що виникла потреба у централізації управлінських функцій та створення єдиних процесів. Збір даних та обробка займала багато часу через те, що на той час на заводах холдингу бізнес-процеси відрізнялися, і мали різні формати звітів, тому на їх збір і приведення єдиному уявленню були потрібні істотні витрати часу. У результаті прийняття важливих бізнес-рішень з управління компанією відкладалося на значний термін.

Щоб усунути ці недоліки, керівництво компанії створило проект єдиного корпоративного управління фінансами компанії.

Передумови проекту

Фахівці корпорації IT-Enterprise здійснювали автоматизацію виробничих підприємств холдингу «Інтерпайп« понад десять років. Але кожне з підприємств і навіть окремі департаменти розуміли бізнес-процеси управління, а також цілі цих бізнес-процесів. В результаті, на момент старту проекту кожен бізнес-актив холдингу мав унікальне уявлення про те, як на підприємстві мають бути організовані процеси та які цілі цих бізнес-процесів. Незважаючи на те, що в холдингу була сформована єдина IT-інфраструктура, а переважна більшість підприємств холдингу автоматизована за допомогою однієї ERP-системи IT-Enterprise та об'єднана єдиними інформаційними потоками, для ефективного централізованого управління

підприємство потребувало єдиного інформаційного простору. Єдиний інформаційний простір,

Через відсутність єдиного інформаційного простору холдинг Інтерпайп відчував складнощі з консолідацією та аналізом фінансово-економічної інформації. На момент початку проекту створення єдиного казначейства Інтерпайп був слабо керованою дуже великою (понад 12 тис. співробітників) компанією, яка була автоматизована на рівні окремих бізнес-активів, але при цьому був відсутній необхідний рівень централізації управління.

У результаті виникло розуміння необхідності змін. Було вирішено проаналізувати бізнес-процеси заводів та вибрати найкращу їхню реалізацію, щоб тиражувати їх на всіх підприємствах холдингу. Для реалізації цієї фази проекту з усіх підприємств холдингу вили відібрано кращих фахівців, які спільно з консультантами IT-Enterprise виробили єдині оптимальні бізнес-процеси. Ці бізнес-процеси узгодили і почали використовувати як сервіс.

Паралельно із уніфікацією бізнес-процесів на підприємствах холдингу проводилася оптимізація організаційної структури. Необхідність зміни оргструктури підприємств пояснюється лише тим, що після централізації управління відпадає потреба у виконанні окремих функцій на місцях. В результаті на підприємствах підвищилася оперативність отримання даних та прозорість управління.

У ході проекту «Управління фінансами» було виділено шість найважливіших напрямків:

- **Корпоративний реєстр замовлень**– це управління збутом продукції від прийняття замовлення до передачі їх у виробництво, і навіть логістичні ланцюжки доставки продукции;
- **Контрактно-договірний облік**- Створення єдиної бази договорів по всіх компаніях, незалежно від юридичних осіб, з урахуванням всіх їх реквізитів;
- **Управління дебіторською заборгованістю**– стає необхідним після запровадження єдиного реєстру замовлень; з її допомогою компанія управляє заборгованістю своїх клієнтів та планує надходження коштів;
- **Управління кредиторської заборгованістю;**
- **Єдиний бухгалтерський облік**;
- **Корпоративне казначейство**– коли бізнес-процеси з управління дебіторською та кредиторською заборгованостями вже централізовані, можна централізувати казначейство, зробивши т.зв. «фабрику платежів»

Завдяки такій структурі рішення вдалося охопити напрями діяльності компанії, які містять фінансово-економічні показники, необхідні управління фінансами компанії.

Використання розпочали з того, що створили єдину централізовану основу для бізнес-процесів – MasterData. На підприємствах за роки роботи систем автоматизації накопичилося безліч даних нормативно-довідкової інформації, які не були синхронізовані з даними інших підприємств холдингу.

Корпоративний реєстр замовлень є єдиним класифікатором готової продукції, реєстром умов постачання продукції, а також довідником логістичних показників замовлень. Так з'явився єдиний корпоративний класифікатор, у якому описано готову продукцію всіх заводів (труби, колеса, трубна заготівля тощо). Всі ці дані містяться в одному класифікаторі, з яким підприємство працює через реєстр замовлень. Дані

цього реєстру пов'язані ланцюжком з даними планування виробництва та планування логістики.

На наступній фазі проекту було централізовано контрактно-договірний облік. На платформі IT-Enterprise працює понад 10 підприємств холдингу Інтерпайп, і кожен з них мав свій довідник контрагентів. Ці дані були стандартизовані, створено єдину базу. Для цього було виявлено дублікати даних, складено таблицю перекодувань та проведено коригування даних підприємств. У холдингу було сформовано єдині довідники контрагентів, типів договорів, а також статусів договорів. Після проведення коригування при обсязі бази в 150 тис. контрагентів прогнозна кількість дублів склала не вище сотні.

Для ефективного управління кредиторською та дебіторською заборгованістю було сформовано єдині довідники умов постачання ТМЦ, умов оплат постачальниками, довідник умов переходу права власності, довідники регіонів, сегментів та умов розрахунків із покупцями.

Ці довідники були доповнені даними, які вимагаються фінансових служб. Тому в корпоративному казначействі було розроблено довідник статей PL(бюджету доходів та витрат) та CF(бюджету руху грошових коштів). Потім було розроблено структуру центрів фінансової відповідальності, а також довідники банків та розрахункових рахунків.

Незважаючи на складнощі реалізації, підприємства холдингу перейшли на єдині довідники, причому це зробили досить швидко. Фахівці IT-Enterprise розробили механізми реплікації даних. Зараз дані або одночасно вводяться в центральну базу Інтерпайп і далі реплікуються на інші об'єкти, або об'єкти на місцях вносять інформацію у власні бази, далі ця інформація потрапляє на верифікацію до співробітників холдингу, після чого дані заносяться в центральну базу і реплікуються на інші об'єкти холдингу.

Для реалізації єдиного бухгалтерського обліку в рамках холдингу було сформовано єдиний план рахунків та єдиний довідник типових господарських операцій.

Результати роботи

В результаті реалізації проекту єдиного казначейства на підприємствах Інтерпайпу ліквідовано фінансові відділи та створено єдине казначейство. Платежі виконуються із центральної керуючої компанії. Персонал казначейства працює в централізованій системі, але при цьому виконує платежі від імені окремих активів холдингу, а всі необхідні для роботи дані вже введені в систему та доступні працівникам.

Повністю закриті потреби локального бухгалтерського обліку у кожному з активів Інтерпайп. Централізація казначейства дозволила уникнути ситуації, коли заводи або інші активи холдингу безконтрольно розпоряджаються фінансовими ресурсами. Тепер усі оплати здійснюються лише з центру, а на заводи інформація наводиться вже пост-фактум.

В результаті виконаного проекту холдинг Інтерпайп отримав уніфіковані та стандартизовані бізнес-процеси. Усунено дублювання управлінських функцій – на підприємствах оптимізовано та реорганізовано служби, функції яких передані підрозділам центрального офісу. Так, співробітники фінансових відділів заводів переведені в єдине казначейство, працівники планово-економічних відділів працюють у єдиному бюджетному центрі тощо.

Якість бізнес-процесів усіх підприємств підвищилася завдяки оптимізації та використанню кращих практик. В результаті централізації управлінських функцій підвищено гнучкість та прозорість управління всім холдингом, а для суміжних бізнес-процесів підприємств досягнуто більш високого рівня узгодженості.

Перенесення низки управлінських функцій холдингу до центрального офісу дозволило зробити оптимізацію організаційної структури підприємств.

Внаслідок вищої якості управління холдингом досягнуто мінімізації фінансових ризиків.

4 Практика впровадження

Система управління виробничими процесами «Інтерпайп Сталі»

Основні проекти компанії **«Інтерпайп»** у рамках цифровізації:

1. Smart Factory («розумне» виробництво) – наскрізне планування виробництва за кожним замовленням від приймання замовлення до відвантаження готової продукції, простежуваність виготовлення продукції за всіма переділами в режимі онлайн.
2. Smart Logistics – «розумне» управління ланцюжками поставок, у результаті чого знижуються простої авто під навантаження і мінімізуються помилки персоналу.
3. Predictive Maintenance – прогнозне обслуговування обладнання. Це дає змогу здійснити перехід від системи *планово-запобіжних ремонтів* до *запобіжного* обслуговування тоді, коли в цьому виникла необхідність. Необхідні дані надходять до загальної системи від датчиків, встановлених на кожній одиниці обладнання, через промисловий інтернет речей. Аналіз великих даних дає змогу зробити правильний прогноз і вчасно закупити запчастини.
4. Mashine Vision (машинний зір) – автоматичне розпізнавання й облік виготовлення продукції на виробничій лінії.
5. Mashine Learning (машинне навчання) – розпізнавання та ідентифікація номенклатури та параметрів документів в електроннму документообігу.
6. Smart Devices (розумні пристрої) – інструмент отримання інформації для планування й обліку. Використання, наприклад, «розумних» окулярів звільняє руки працівника й слугує інструментом отримання інформації та передавання «картинки».

Найближчим часом «Інтерпайп» сфокусується на діджиталізації логістики та запустить онлайн-кабінет клієнта, в якому можна бачити статус і терміни виробництва своїх замовлень.

6.2 ГРУПА «МЕТІНВЕСТ»

Група **«Метінвест»** виділила у 2018 році свій IT-напрям в окрему компанію – «Метінвест Діджитал». Ця компанія є як центром експертизи цифрових технологій всієї групи «Метінвест», так і працює зі сторонніми замовниками. Ключові цифрові проекти «Метінвесту»:

1. Впровадження SAP Success Factory – системи управління продуктивністю та цілями персоналу, яка дає змогу давати завдання та моніторити KPI й інші показники ефективності роботи.

2. Перенесення системи SAP на хмарну платформу. Міграція даних визнана найбільшою за обсягом у Центральній та Східній Європі: у хмарі працюють 138 систем і понад 18 тис. користувачів.

3. Міграція IT-інфраструктури групи (680 серверів двох дата-центрів «Метінвесту») на хмарну платформу Microsoft Azure.

4. Впровадження централізованої диспетчерської системи управління залізничними перевезеннями. Система працює на платформі SAP та інтегрується з програмними продуктами «Укрзалізниці».

5. Використання дронів на ГЗК для контролю виконуваних робіт у кар'єрах, проведення оцінки обсягів сипучих матеріалів на складах, створення цифрових моделей комбінатів для подальшого планування будівельних робіт та інше.

6. Автоматизація документообігу із застосуванням електронно-цифрового підпису (ЕЦП).

7. Покращення якості прогнозування споживання газу на печах відпалу металу в цеху холодного прокату «Запоріжсталі» на базі машинного навчання.

Станом на минулий рік загальна промислова автоматизація покрила близько 45% виробничих переділів і функцій «Метінвесту». На кожному підприємстві впроваджуються різні проекти автоматизації та цифрової трансформації.

Такі зусилля компанії були відзначені в поточному році: «Метінвест» увійшов до топ-5 найкращих металургійних компаній світу за цифровим комунікаціям за версією WorldSteel.

6.3 «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»

В **«АрселорМіттал Кривий Ріг»** називають такі ключові проекти автоматизації та цифровізації в 2019-2020 рр.:

Проєкт	Ефект проєкту
Модернізація автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) підготовки шихти аглоцеху № 3	Заміна застарілих вагодозаторів на сучасні виробництва компанії Schenck. Підвищення якості дозування шихтових матеріалів для виробництва агломерату
Модернізація АСУТП прокатного цеху № 3	Міграція АСУТП на базі PLC серії Siematic S5 на PLC Siematic S7. Розширення функціоналу системи в частині інтеграції в загальну АСУТП систем управління приводами. Розширення інформаційної ємності АСУТП та її інтеграція з системами верхнього рівня
Система WEB-візуалізації параметрів технологічних процесів підприємства	Діджиталізація технологічних процесів для надання оперативної інформації про їх хід керівництву підприємства
Централізація і діджиталізація процесів зважування вантажів	Створення центральної диспетчерської зважування вантажів з автоматизованими системами розпізнавання номерів вагонів і формування відвантажувальних документів. Розробка єдиної бази даних зважування та її інтеграція з системами SAP, ERP
Впровадження системи двухфакторной ідентифікації в рамках проекту з контролю й обліку доступу персоналу	У результаті впровадження досягнуто 100% контроль доступу персоналу на територію «АрселорМіттал Кривий Ріг».
Впровадження систем АСУТП у рамках стратегічних проектів:	У рамках будівництва технологічних агрегатів впроваджені високорівневі АСУТП. Забезпечено їх інтеграцію з системами SAP, ERP. АСУТП МБЛЗ 2,3 і агломашин №№ 1, 4 впроваджені на базі

Проєкт	Ефект проєкту
	сучасних контролерів Siemens за участю компаній SMS і Siemens Україна. Проект АСУТП коксових батарей №№ 5, 6 реалізований на обладнанні фірми Schneider і є найбільшим проектом цієї компанії в Україні за останні 25 років
1. АСУТП машин непрерывного литья заготовок №№ 2, 3.	
2. АСУТП коксовых батарей №№ 5, 6.	
3. АСУТП агломашин №№ 1, 4 аглоцеха № 2	
Діджиталізація процесів технічного обслуговування, у тому числі пошуку несправностей, систем автоматизації	Застосування QR-коду для організації оперативного доступу до технічної документації з використанням мобільних пристроїв з метою зменшення часу усунення несправностей в системах автоматизації та скорочення простоїв основного технологічного обладнання
Впровадження інформаційної системи «Телеграм БОТ»	1. Загальна довідкова інформація (у т.ч. в режимі запитання/відповідь)
	2. Оформлення відпусток
	3. Оформлення спецхарчування
	4. Отримання інформації з оплати праці
	5. Отримання інформації по медоглядів
	6. Пенсійне забезпечення
	7. Подання заявок до дитячих оздоровчих таборів і пансіонатів підприємства (використовувалася до карантинних обмежень)

6.4 FERREXPO

Постійно впроваджує нові технології і компанія У липні поточного року Єристівський ГЗК запустив новий автоматичний диспетчерський центр для координації роботи основних технологічних процесів (вантаження і транспортування гірничої маси, розподіл транспорту, контроль продуктивності техніки та обладнання, буріння тощо). На базі центру є можливість впровадження управління роботи самоврядних самоскидів. Компанія планує реалізувати аналогічні проекти на Полтавському й Бєланівському ГЗК.

Ще раніше компанія «АМ Интегратор Груп» створила в компанії комплексну систему захисту інформації фінансового модуля, побудувала серверну інфраструктуру під ERP-систему та ввела в експлуатацію модуль для безпечного доступу до інтернету.

Цифрові проблеми

За даними опитування KPMG в Україні, основні перепони цифровізації – дефіцит капіталу (22%, у світі лише 7%) і відсутність узгодженого погляду на ключові технологічні тренди (14%).

Утім, в українських реаліях ключова проблема – застаріле обладнання метпідприємств. Зношеність основних засобів у металургії становить 70%, у видобутку металевих руд – близько 60%. При цьому цей показник загалом по країні – 61%, у промисловості – 66%.

Металургія та видобуток руди – дуже капіталомістке виробництво. Але постійні кризи та мінлива кон'юнктура світових ринків послаблюють інвестиційні можливості підприємств ГМК.

«Навіть у найбільших компаній українського ГМК не так багато інвестиційних ресурсів, а ті, що є, вони намагаються вкладати в переозброєння виробництва й екологічні проекти».

Ще однією проблемою є слабке розуміння і проникнення знань щодо Індустрії 4.0 і серед IT-департаментів, і серед менеджменту.

«Багато хто вважає, що 4.0 – це «іграшки» для айтішників. Звісно, IT-департаменти компанії беруть участь у створенні рішення, але вони не є замовниками. Замовником впровадження 4.0 може бути тільки менеджмент компанії. Менеджмент бачить, що є плоди автоматизації, але він не розуміє, який ефект дає впровадження рішень рівня 4.0. І це позначається на виділенні бюджетів. Якщо я не розумію, який це дає ефект, то ці питання я не фінансую. Коли ж менеджмент розуміє, що дає 4.0, тоді одразу доходить висновку, що це потрібно робити терміново, ще вчора».

Ефект «цифри»

Цифровий ефект вимірюється комплексно – в показниках і характеристиках рівня продажів і якості продукції, обслуговування клієнтів, зниження втрат. За словами **Юрія Риженкова**, генерального директора «Метінвесту», група економить близько $50 млн на рік за рахунок проектів цифровізації. Зокрема, йдеться про такі новації:

1. Математичне моделювання оптимального складу вугільної шихти для виробництва коксу. Ефект – зниження вартості вугільної шихти на 1,1%. Економія – $20 млн.
2. Використання штучного інтелекту для управління температурою в доменних печах. Ефект – зниження вмісту кремнію в чавуні з 0,65% до 0,50%. Економія – $30 млн.

Раніше на одному з галузевих заходів розповів про ефект впровадження технологій 4.0 (станом на кінець минулого року): продажі до країн Європи зросли на 62%, в США – на 22%. Енерговитрати на виробництво сталі скоротилися на 45%, простої автотранспорту знизилися втричі.

Незважаючи на всі переваги цифровізації, світові витрати на впровадження IT підпали під оптимізацію. За оцінками компанії Gartner, за підсумками поточного року очікується падіння витрат на IT в світі на 5,4% – до $3,6 трлн. Однак уже у 2021-му можна очікувати зростання на 4% – до $3,8 трлн.

Ефект від цифровізації очевидний, процес у країні загалом йде повільно, але через це перспективи і можливості цифрової трансформації величезні.

«У цих компаній ГМК, на відміну великих бізнесів з інших галузей, є розуміння необхідності прагнути до впровадження Індустрії 4.0, тобто певний рівень зрілості. Відповідно, і перспективи діджиталізації в ГМК величезні. Чим більше у нас буде таких передових компаній, тим швидше будуть підтягуватися і розвиватися інші галузі».

Контрольні питання

1. Опишіть приклади проектів цифрової трансформації «Інтнерпайп».
2. Оцініть приклади проектів цифрової трансформації групи «МЕТІНВЕСТ».
3. Відобразіть приклади проектів цифрової трансформації «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ».
4. Опишіть приклади проектів цифрової трансформації «FERREXPO».

ВИСНОВКИ

1. Розвиток новітніх технологій, що постійно пришвидшується, та посилена увага до промисловості як базису сталого економічного зростання є одними з ключових глобальних трендів останніх років. Свій внесок у розбудову «економіки майбутнього» здійснює металургійна промисловість, яка в контексті Індустрії 4.0 змушена поступово переорієнтуватися на діяльність на смарт-засадах.

Провідними тенденціями та викликами діяльності металургійної промисловості, які визначатимуть стратегічні напрями галузевих трансформацій у контексті розбудови смарт-виробництв і металургії майбутнього у глобальному масштабі, є перевиробництво металу на тлі розширення сталеплавильних потужностей, зміни географічної структури виробництва та споживання металопродукції в умовах значної концентрації виплавки сталі в обмеженому колі країн, а також збільшення здатності галузі до генерації та впровадження інновацій; для України визначальними є зростаючий профіцит металу в контексті нерозвиненості внутрішнього ринку, недосконаліть інституційного середовища розвитку металургії та низький рівень її інноваційної активності.

2. Історичні передумови становлення металургійних смарт-виробництв у світі полягають у тому, що галузь успішно розвивалася протягом усіх промислових революцій, а метал до сьогодні є та залишатиметься надалі одним з основних конструкційних матеріалів. Актуальність використання «розумних» технологій у металургії пов'язана як з можливістю збільшення ефективності її діяльності, так і з потребою відповідати сучасним вимогам металоспоживаючих та пов'язаних галузей унаслідок поступового «стирання» меж між видами діяльності. Необхідність смартизації металургійної промисловості обумовлена її виживанням у майбутньому, оскільки існує небезпека залишитися осторонь низки економічних процесів через неможливість виробництва та збуту продукції, спричинену невідповідністю вимогам контрагентів.

У цілому використання «розумних» технологій - як існуючих, так і тих, що тільки будуть винайдені, спрямоване на подальшу цифровізацію продукції, послуг і всієї бізнес-моделі як ядра та базису розбудови металургійних підприємств майбутнього, істотне посилення клієнтоорієнтованості за рахунок роботи в режимі реального часу, первинної орієнтації на портфель замовлень при налагодженні виробництва та поступового стирання меж між видами діяльності, а також на зміну вимог до робочої сили з акцентом на поєднанні «робочих» навичок із можливістю оперувати провідними технологіями на основі безперервного навчання.

3. Головна мета становлення металургійних смарт-виробництв, яка полягає у підвищенні адаптивності галузі до динамічного зовнішнього та внутрішнього середовища, досягається шляхом упровадження «розумних» рішень і технологій у різних сферах діяльності металургійних підприємств, які, хоч і мають багато спільного, але відрізняються спрямованістю та цілями використання тих чи інших технологій, строками і зусиллями щодо їх опанування, обсягом капіталовкладень.

У *виробничій сфері діяльності металургійних підприємств* за рахунок упровадження таких смарт-технологій, як інтернет речей, смарт-пристрої, роботи, інтелектуальне моделювання, великі дані, адитивні технології, забезпечується оптимізація роботи обладнання в режимі реального часу з метою зменшення операційних витрат і ресурсоємності, підвищення екологічності виробництва;

відбувається розробка нових продуктів та матеріалів, які б відповідали індивідуальним потребам споживачів навіть за умови невеликого обсягу замовлення. Ця сфера найменш швидко переорієнтовується на «розумні» рейки через необхідність значних капіталовкладень та часу для здійснення значущих відкриттів. Уповільнює процес також важкість упровадження смарт-технологій на вже працюючих підприємствах, оскільки, як свідчить досвід практиків, «... переведення вже працюючих підприємств на нові принципи планування, виробництва, поставок і післяпродажного обслуговування продукції здійснюватиметься поступово і з максимальним використанням уже наявних виробничих активів. Послідовність переходу істотною мірою залежить від специфіки діяльності підприємства і доступності нових технологій».

В *організаційно-економічній сфері діяльності металургійних підприємств,* яка розвивається найбільш стрімко в результаті досить тісної взаємодії з більш технологічно прогресивними видами діяльності та значно меншого проміжку часу, необхідного для впровадження й окупності смарт- технологій, активно впроваджується цифровізація продукції та послуг. Завдяки використанню предиктивної аналітики, змінам у корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній і прискоренню горизонтальної та вертикальної інтеграції ланцюжків створення вартості вона забезпечує істотне підвищення клієнтоорієнтованості, сприяє розвитку

електронної торгівлі, поліпшенню післяпродажного обслуговування та зниженню собівартості продукції.

У *соціальній сфері діяльності* металургійних підприємств упровадження «розумних» технологій (інтернет речей, смарт-пристрої, роботи, штучний інтелект) спрямоване передусім на безперервний розвиток цифрової культури, підвищення персональної відповідальності працівників, поліпшення умов і безпеки праці. Смартизація цієї сфери відбувається повільніше, ніж організаційно-економічної, внаслідок суб'єктивного сприйняття змін та їх необхідності для підприємства кожним окремим співробітником, який побоюється втратити робоче місце через заміну на «машину» чи неспроможність опанувати смарт-технології.

4.Становлення металургійних смарт-виробництв має як позитивні, так і негативні наслідки для металургійних підприємств та суспільства загалом, які здебільшого не є унікальними для галузі, однак мають бути враховані при впровадженні «розумних» технологій і їх подальшому вдосконаленні.

Безсумнівним позитивним результатом смартизації металургійної промисловості виступає підвищення її ресурсоефективності й екологічності, а ключовими негативними наслідками - суттєве збільшення кібернетичних загроз і загроза вивільнення працівників у короткостроковій перспективі. Більш неоднозначною є зміна ролі людини у виробничому процесі, що може як привести до зменшення кількості помилок, викликаних людським фактором, так і стати причиною недостатньої гнучкості реагування при виникненні позаштатних ситуацій, оскільки навіть найсучасніші технології є стандартизованими і не в змозі творчо відповісти абсолютно на всі виклики зовнішнього середовища. Із цього випливає головне протиріччя розвитку смарт-металургії - невідповідність між стрімким розвитком новітніх технологій, доцільністю їх використання для досягнення суспільного блага й адекватним сприйняттям працівниками металургійних підприємств і соціумом загалом.

5. В Україні процес розробки й упровадження смарт-технологій у металургійній промисловості, яка залишається одним із провідних видів діяльності, перебуває на початковому етапі, що спричинено загальним відставанням країни за рівнем інноваційної активності та негативними тенденціями в розвитку галузі, які мають системний характер.

«Розумними» технологіями, які вже використовуються або можуть бути впроваджені в осяжному майбутньому у *виробничій сфері діяльності* металургійних підприємств, є інтернет речей, смарт-пристрої, інтелектуальне моделювання, тоді як роботизація, адитивні технології, зокрема 3D-друк, та розробка нових продуктів і матеріалів є більш проблематичними через високу вартість технологій, відсутність внутрішнього та зовнішнього попиту на відповідну продукцію, нерозвиненість суміжних галузей, що поставляють необхідні сировину, обладнання, запчастини тощо.

Головними смарт-рішеннями в *організаційно-економічній сфері діяльності* є цифровізація продукції та послуг, створення єдиного інформаційного управлінського середовища, спрямовані на зростання клієнтоорієнтованості бізнес-моделі. Останнє передбачає посилення співпраці між виробниками і споживачами, що дозволяє покупцям відстежувати виконання замовлення та інші сервіси, а постачальникам - збирати інформацію про вподобання та запити нинішніх і потенційних клієнтів за допомогою онлайн-платформ у режимі реального часу.

У *соціальній сфері діяльності* вітчизняних металургійних компаній істотних зрушень щодо впровадження «розумних» технологій наразі не спостерігається, однак точками дотику мають стати подальше поліпшення умов і безпеки праці, розвиток цифрової культури.

6. Розподіл діяльності металургійних підприємств на виробничу, організаційно-економічну та соціальну сфери є досить умовним, проте він дозволив виявити, що «вузьким» місцем упровадження смарт-технологій в Україні, яке має об'єктивний характер унаслідок значної технологічної стабільності процесу виплавки металу, є виробництво, оскільки здійснення принципово нових інноваційних відкриттів щодо його вдосконалення потребує дуже великих капіталовкладень і значного проміжку часу. Стримуючим фактором, який має здебільшого суб'єктивний характер, виступає соціальна сфера, що спричинено неготовністю або небажанням працівників сприймати нову цифрову культуру, яка передбачає кардинальні зміни в чисельності, структурі та необхідній професійній підготовці робочої сили. Найбільш стрімко «розумні» технології знаходять застосування в організаційно-економічній сфері діяльності металургійних підприємств унаслідок переорієнтації виробництва готової продукції на запити клієнтів та пришвидшеної цифровізації фінансово-логістичних операцій в усьому світі.

Основні наслідки розвитку металургії на «розумних» засадах в Україні здебільшого подібні до загальносвітових, однак через незадовільний стан галузі та загальну неготовність країни до сприйняття впроваджуваних смарт- рішень ефект від позитивних наслідків використання «розумних» технологій може бути нижчим, а від негативних - вищим.

7. Пришвидшенню смартизації української металургії сприятиме переведення розвитку металургійних підприємств та державної галузевої політики в русло «довгих інтересів» на основі державно-приватного партнерства з акцентом на підтримці

розробки і подальшого комерційного впровадження інновацій в усіх сферах життя країни та підготовці персоналу відповідної кваліфікації.

Використання смарт-технологій забезпечить майбутній поступальний розвиток металургійної промисловості за рахунок підвищення її гнучкості й адаптивності до динамічних змін зовнішнього та внутрішнього середовища, дозволить більш повно використовувати ефект синергії від упровадження «розумних» рішень у взаємопов'язаних та суміжних галузях.

Розвиток технологій у сучасному світі відбувається з великою швидкістю, і конкретні смарт-рішення, які сьогодні є провідними, вже завтра можуть стати «минулим», а ті, що здаються нездійсненними, - буденністю. Отже, найбільш важливо визначити напрями і точки дотику, де новітні технології забезпечать підвищення ефективності реального сектору економіки (адже життєдіяльність людини здебільшого не є цифровою) та сприятимуть задоволенню культурних, психологічних і морально-етичних потреб суспільства.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте характеристику поняття «Старт-промисловість».
2. Дайте характеристику поняттю «індустрія 4,0».
3. Основні характеристики промислових революцій.
4. Причини зростання світових обсягів металовиробництва на початку 21 ст.
5. Зміна географічної структури виробництва та споживання металопродукції на початку 21 ст.
6. Обґрунтуйте підвищення спроможності металургійної галузі до генерації та впровадження інновацій в сучасних умовах.
7. Охарактеризуйте циркулярну економіку на основі 4R-підходу.
8. Загальна характеристика киснево-конвертерного способу виробництва сталі.
9. Загальна характеристика електросталеплавильного способу виробництва сталі.
10. Загальна характеристика мартенівського способу виплавки сталі.
11. Головні виклики з якими стикається металургійна галузь у глобальному масштабі.
12. Історичні передумови становлення металургійних смарт-виробництв.
13. Головна мета розвитку смарт-металургії.
14. Основні приклади смарт-рішень у метало виробництві.
15. Дайте характеристику поняття «інтернет речей».
16. Обґрунтування застосування смарт-пристроїв (датчики, сенсори, лічильники) в металургії.
17. Обґрунтування застосування інтелектуального моделювання та візуалізації процесів в металургії.
18. Обґрунтування застосування роботизації в металургії.
19. Розробка нових продуктів та матеріалів в металургії.
20. Основні напрями смартизації в металургії.
21. Розробка та впровадження смарт-рішень у виробничій сфері.
22. О
23. Цифровізація продукції та послуг в металургійній галузі.
24. Використання предиктивної аналітики в металургії.
25. Клієнтоорієнтованість в металургійній галузі.
26. Зміни в корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній.
27. Особливості впровадження смарт-рішень у соціальній сфері.
28. Основні позитивні наслідки смартизації металургійної промисловості.
29. Основні негативні наслідки смартизації металургійної промисловості.
30. Передумови та проблеми смартизації металургійної галузі України.
31. Найбільш гострі проблеми розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах.
32. Особливості смартизації металургійної промисловості в Україні.
33. Основні наслідки розвитку металургії на «розумних» засадах в Україні.
34. Інновації в українській металургії.
35. Інновації на комбінаті ім. Ілліча.
36. Інновації на «ArcelorMittal Кривий Ріг».
37. Інновації на комбінаті «Запоріжсталь».
38. Інновації на комбінаті «Азовсталь».
39. Інновації на Дніпровському металургійному комбінаті.

40. Проекти цифрової трансформації виробництва «ІНТЕРПАЙП».
41. Система управління виробничими процесами «Інтерпайп Сталі».
42. Інновації групи «Метінвест».
43. Інновації компанії «Ferrexpo».
44. Цифрові проблеми металургії.
45. Ефект «цифри» в металургії.
46. Обсяг світового виробництва сталі, ведучі країни-виробники сталі, місце України серед них.
47. Основні проблеми чорної металургії України.
48. Прогноз до 2030 року по виробництву сталі різними способами у світі й Україні.
49. Приведіть приклади технологічного відставання чорної металургії України.
50. Які типи підприємств входять до складу гірничо-металургійного комплексу (ГМК) України?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The Fourth Industrial Revolution is here - are you ready? *Deloitte.* 2018. 24 p. P. 2. URL: https://www.forbes.com/forbes-insights/wp-content/uploads/2018/01/Deloitte-FourthIndustrialRev_REPORT_FINAL-WEB.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
2. Product Definitions for Smart Manufacturing. *National Institute of Standards and Technology.* December 03, 2018. URL: https://www.nist.gov/programs-projects/product-definitions-smart-manufacturing (дата звернення: 02.06.2023).
3. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 1-2, 83-85. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/ jcr:e5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (Дата звернення 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 3-5, 96-98. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520 statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
4. Global Steel Report. *U.S. Department of Commerce. International Trade Administration.* September 2018. 15 p. P. 6. URL: https://www.trade.gov/steel/pdfs/global-monitor-report-2017.pdf (дата звернення: 02.06.2023).
5. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 2, 85. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (Дата звернення 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 5, 98. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr: 1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
6. *2000-2018 Steelmaking capacity*. OECD Steelmaking Capacity Database. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode= STI_STEEL_MAKINGCAPACITY (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. P. 2. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/ jcr:e5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (Дата звернення 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. P. 5. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520 statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
7. Kawabata N. Where is the Excess Capacity in the World Iron and Steel Industry? A focus on East Asia and China. *The Research Institute of Economy, Trade and Industry*. RIETI Discussion Paper Series 17-E-026. March 2017. 36 p. P. 1. URL: https://www.rieti.go.jp/jp/ publications/dp/17e026.pdf (дата звернення: 21.10.2022); What is 'Excess Capacity'? *Investopedia*. URL: https://www.investopedia.com/terms/e/excesscapacity.asp#ixzz5FxVU LUzN (дата звернення: 02.06.2023).
8. USMCA - Угода між США, Мексикою та Канадою (Agreement between the United States of America, the United Mexican States, and Canada). У США документ має назву United States-Mexico-Canada Agreement (USMCA); у Канаді - Canada-United States-Mexico Agreement (CUSMA), у Мексиці - Tratado entre Mexico, Estados Unidos y Canada (T-MEC).

9. World Steel in Figures 2018. *World Steel Association.* 2018. 32 p. Pp. 14-15. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnf9359dff-9546- 4d6b-bed0-996201185b12/World+Steel+in+Figures+2018.pdf (дата звернення: 02.06.2019); World Steel in Figures 2009. *World Steel Association.* 2009. 28 p. Pp. 14-15. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn3149d11c-4e94-4aa6-815b-6547b33423b1/World%2520Steel%2520in%2520Figures%25202009.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
10. World Steel in Figures 2018. *World Steel Association.* 2018. 32 p. Pp. 14-15. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnf9359dff-9546- 4d6b-bed0-996201185b12/World+Steel+in+Figures+2018.pdf (дата звернення: 02.06.2019); World Steel in Figures 2009. *World Steel Association.* 2009. 28 p. Pp. 14-15. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3149d11c-4e94-4aa6-815b-6547b33423b1/World% 2520Steel%2520in%2520Figures%25202009.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
11. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 51-53. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008.
12. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 65-66. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/ jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520statistical%2520yearbook% 25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
13. World Steel in Figures 2018. *World Steel Association.* 2017. 32 p. P. 27. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnf9359dff-9546-4d6b-bed0-996201185b12/World+%20Steel+in+Figures+2018.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
14. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 54-56. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (Дата звернення 2.06.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 67-69. URL: https://www.worldsteel.org/en/ dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520statistical%2520yearbook% 25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
15. Steel in the circular economy. A life cycle perspective. *World Steel Association.* 2015. 32 p. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn00892d89-551e-42d9-ae68-abdbd3b507a1/ Steel+in+the+circular+economy+-+A+life+cycle+perspective.pdf (дата звернення: 02.06.2022).
16. Steel - the Permanent Material in the Circular Economy. *World Steel Association.* 2016. 24 p. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn7e0dc90a-3efe-41bc-9fb4-85f9e873dfc7/Steel+-+The+Permanent+Material+in+the+Circular+Economy.pdf (дата звернення: 02.06.2022);
17. Life cycle inventory methodology report for steel products. *World Steel Association.* Brussels, 14 September 2017. 40 p. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/ jcr:6eefabf4-f562-4868-b919-f232280fd8b9/LCI+methodology+report_2017_vfinal.pdf (дата звернення: 20.10.2022);
18. Fact Sheet. Addressing climate change through technology transfer and research products. *World Steel Association.* February 2018. 3 p. URL:

https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn0191b72f-987c-4057-a104-6c06af8fbc2b/fact_technology%2520transfer_2018.pdf (дата звернення: 02.06.2022).
19. Fact Sheet. Addressing climate change through technology transfer and research products. *World Steel Association.* June 2016. 3 p. P. 3. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/j cr:703cde2e-47f5-46b3-95fe-e43930ad7b79/fact_technology+transfer_2016_vf (дата звернення: 02.06.2022).
20. Steel in the circular economy. A life cycle perspective. *World Steel Association.* 2015.32 p. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn00892d89-551e-42d9-ae68-abdbd3b507a1/ Steel+in+the+circular+economy+-+A+life+cycle+perspective.pdf (дата звернення: 02.06.2022).
21. Steel - the Permanent Material in the Circular Economy. *World Steel Association.* 2016. 24 p. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn7e0dc90a-3efe-41bc-9fb4-85f9e873dfc7/Steel+-+The+Permanent+Material+in+the+Circular+Economy.pdf (дата звернення: 02.06.2023).
22. World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. *United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.* Working Paper No. ESA/P/WP/248. New York, 2017. 47 p. P. 1. URL: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WPP2017_KeyFindings.pdf (дата звернення: 21.10.2022).
23. Rawlinson R. Steel lightens automotive load. *World Steel Association.* April 2017. URL: http://stories.worldsteel.org/automotive/advanced-high-strength-steel-lightens-automotive- load/(дата звернення: 02.06.2023).
24. Motyka M., Slaughter A., Amon C. Global renewable energy trends. Solar and wind move from mainstream preferred. Deloitte. 2018. 30 p. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4624_global-renewable-energy/DI_global-renewable-energy- trends.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
25. New Energy Outlook 2018. *Bloomberg.* 2018. URL: https://bnef.turtl.co/story/neo2018 (дата звернення: 21.10.2022).
26. Future Scenarios and Implications for the Industry. Shaping the Future of Construction. *World Economic Forum. Prepared in collaboration with The Boston Consulting Group.* March 2018. 32 p. P. 8. URL: http://www3.weforum.org/docs/Future_Scenarios_Implications_ Industry_report_2018.pdf (дата звернення: 21.10.2022).
27. Steel Facts. A collection of amazing facts about steel. *World Steel Association.* 2018. 132 p. P. 83. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnab8be93e-1d2f-4215-9143-4eba6808bf03Zworldsteel-SteelFACTS_web.pdf (дата звернення: 03.06.2023).
28. Rawlinson R. Steel lightens automotive load. *World Steel Association.* April 2017. URL: http://stories.worldsteel.org/automotive/advanced-high-strength-steel-lightens-automotive-load/ (дата звернення: 03.06.2023).
29. Smart Manufacturing. *World Steel Association.* 2018. URL: https://www.worldsteel.org/ about-steel/smart-manufacturing.html (дата звернення: 21.10.2022).
30. Wong J.I. Photos: The secret Swiss mountain bunker where millionaires stash their bitcoins. *Quartz.* 17 October 2017. URL: https://qz.com/1103310/photos-the-secret-swiss-mountain-bunker-where-millionaires-stash- their-bitcoins/ (дата звернення: 03.06.2023).
31. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 1-2, 83-85. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5- 4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook

2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 3-5, 96-98. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520 statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
32. Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. Pp. 1, 83. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcne5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. Pp. 3, 96. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr: 1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
33. *2000-2018 Steelmaking capacity*. OECD Steelmaking Capacity Database. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode= STI_STEEL_MAKINGCAPACITY (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2018. *World Steel Association.* 2018. 122 p. P. 1. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr: e5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492ZSSY_2018.pdf (дата звернення: 20.10.2019); Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. P. 3. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520 statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
34. World Steel in Figures 2018. *World Steel Association.* 2018. 32 p. Pp. 9, 27. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnf9359dff-9546-4d6b-bed0-996201185b12/World+Steel+in+Figures+2018.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
35. Steel statistical yearbook 2008. *World Steel Association.* 2009. 124 p. P. 3, 96. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1044cace-dd58-4bf6-a59a-139249fd5170/Steel%2520statistical%2520yearbook%25202008.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
36. Jamrisko M., Miller L.J., Lu W. These Are the World's Most Innovative Countries. *Bloomberg.* 22 January 2019. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-01-22/germany-nearly-catches-korea-as-innovation-champ-u-s-rebounds (дата звернення: 02.06.2023).
37. Readiness for the Future of Production Report 2018. *World Economic Forum. In collaboration with A.T. Kearney.* Insight Report. 2018. 254 p. P. 9, 12, 241. URL: http://www3.weforum.org/docs/F0P_Readiness_Report_2018.pdf (дата звернення: 02.06.2023).
38. ІНТЕРПАЙП - проекти цифрової трансформації виробництва. *IT-Enterprise*. URL: https://www.it.ua/ru/cases/article/interpipes-digital-transformation-of-manufacturing(дата звернення: 03.08.2023).
39. Завдяки IT-Enterprise.SmartEAM час простоїв обладнання скоротився на 30%. *IT-Enterprise*. URL: https://www.it.ua/cases/article/blagodarja-it-enterprisesmarteam-vremj a-prostoev-oborudovanija-sokratilos-na-30 (дата звернення: 03.08.2023).
40. Метінвест завершив найбільший в історії Центральної та Східної Європи перехід у хмару SAP HEC. *METINVEST*. 23 січня 2019. URL: https://metinvestholding.com/ua/media/ news/207306 (дата звернення: 21.10.2022).
41. Використання інформаційно-комунікаційних технологій на підприємствах за 2017 рік. *Державна служба статистики України.* URL: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 03.06.2023).

42. World Steel in Figures 2018. *World Steel Association.* 2017. 32 p. P. 27. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcnf9359dff-9546-4d6b-bed0-996201185b12/World+%20Steel+in+Figures+2018.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
43. G20 Global Forum on Steel Excess Capacity. Ministerial Meeting Remarks on Trade by Angel Gurria. *OECD.* Berlin, 30 November 2017. URL: http://www.oecd.org/economy/g20- global-forum-on-steel-excess-capacity-germany-2017.htm (дата звернення: 02.06.2023).
44. Steel's Contribution to a Low Carbon Future and Climate Resilient Societies. Worldsteel Position Paper. *World Steel Association.* Brussels, 2017. 6 p. P. 4. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn66fed386-fd0b-485e-aa23-b8a5e7533435/Position_paper climate 2018.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
45. Steel - the Permanent Material in the Circular Economy. *World Steel Association.* 2016. 24 p. P. 9. URL: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcn7e0dc90a-3efe-41bc-9fb4-85f9e873dfc7/Steel+-+The+Permanent+Material+in+the+Circular+Economy.pdf (дата звернення: 02.06.2023).
46. Razavi L. Tackling water loss in Tokyo. *World Steel Association.* March 2017. URL: http://stories.worldsteel.org/infrastructure/tackling-water-loss-tokyo/ (дата звернення: 02.06.2023).
47. Mining and Metals Industry. Digital Transformation Initiative. *World Economic Forum. In collaboration with Accenture.* White Paper. January 2017. 36 p. URL: http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/ wef-dti-mining-and-metals-white-paper.pdf (дата звернення: 20.10.2022);
48. Mining and Metals Industry. Digital Transformation Initiative. *World Economic Forum. In collaboration with Accenture.* White Paper. January 2017. 36 p. P. 10. URL: http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/ wef-dti-mining-and-metals-white-paper.pdf (дата звернення: 20.10.2022).
49. Дубровник-Рохова А. «Діджиталізація - це лише початок». Валерій Фіщук: «Найефективніший метод принести можливості міста в село - підключити село до інтернету». *День.* 12 квітня 2018. URL: https://day.kyiv.ua/uk/article/ekonomika/didzhytalizaciya-ce-lyshe-pochatok (дата звернення: 21.10.2022).
50. Chalabyan A., Jansch E., Niemann T., Otto T., Zeumer B., Zhuravleva K. How 3-D printing will transform the metals industry. *McKinsey Global Institute.* August 2017. URL: https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/how-3d-printing-will- transform-the-metals-industry (дата звернення: 20.10.2022)
51. Нікіфоров В.А. Металургійна промисловість світу: зміни у регіональній структурі та їх наслідки для України (аналітичний огляд). *Економіка промисловості.* 2018. № 2 (82). С. 76-101. doi: http://doi.org/10.15407/econindustry2018.02.076.

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Кириченко Олексій Геннадійович

РОЗВИТОК МЕТАЛУРГІЙНОЇ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

Конспект лекцій
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
всіх спеціальностей

Рецензент *Д.В. Прутцьков*
Відповідальний за випуск *Ю.О. Бєлоконь*
Коректор *О.Г. Кириченко*