

СЕКЦІЯ 9
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК РУШІЙ ЕВОЛЮЦІЇ
ТЕХНІЧНИХ НАУК: ВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ
ДО ЕПОХИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
ТА САМООРГАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Модератор секції: Євген Мержинський, кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів
ІННІ ім. Ю. М. Потебні ЗНУ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-576-4-9>

УДК 004.8:62(091)

ЗАБОЛОТНЯ ОЛЕКСАНДРА,

ст. 3 курсу гр. 6.1913 кафедри міського будівництва і архітектури,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф., завідувач кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК РУШІЙ ЕВОЛЮЦІЇ
ТЕХНІЧНИХ НАУК: ВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ
ДО ЕПОХИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
ТА САМООРГАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Штучний інтелект (ШІ) за останні десятиліття перетворився з теоретичної концепції на фундаментальний рушій розвитку технічних наук. Його вплив поширюється на інженерію, матеріалознавство, робототехніку, будівництво, електроніку та суміжні галузі. ШІ не лише автоматизує традиційні процеси, а й формує нові підходи до створення технологій, які здатні самонавчатися, адаптуватися та оптимізувати власні алгоритми. Тому питання ролі ШІ в еволюції технічних наук є ключовим для розуміння інженерних процесів ХХІ століття. Стрімкий розвиток штучного інтелекту перетворив його на один із ключових чинників трансформації

сучасних технічних наук. Якщо у XX столітті основним трендом була автоматизація, спрямована на виконання повторюваних операцій за жорстко визначеними алгоритмами, то сьогодні технічні системи набувають властивостей адаптації, самонавчання та інтелектуальної автономії. Штучний інтелект стає не просто інструментом, а новою технонауковою парадигмою, яка принципово змінює методи моделювання, проектування й управління технічними об'єктами. Саме тому дослідження його ролі як рушія еволюції технічних наук є надзвичайно актуальним, особливо в умовах глобальної цифровізації, воєнної та післявоєнної відбудови, потреби у високотехнологічних рішеннях і зростання вимог до ефективності та безпеки технологічних систем [1].

Актуальність теми зумовлена тим, що штучний інтелект інтегрується практично у всі області техніки: машинобудування, робототехніку, енергетику, матеріалознавство, авіа- та космічну інженерію. Він формує нові підходи до наукового пізнання, відкриваючи можливості для створення цифрових двійників, глибинного аналізу великих масивів даних, оптимізації складних процесів і підвищення точності технічних розрахунків. Відбувається перехід від автоматизації до інтелектуалізації, коли системи не лише виконують завдання, а й здатні прогнозувати наслідки, аналізувати середовище, ухвалювати рішення та оптимізувати власну діяльність. З'являється інтелектуальна інженерія – нова модель професійної діяльності, у межах якої інженер працює не лише з матеріальними конструкціями, а й з алгоритмічними структурами, моделює поведінку автономних систем та керує їхнім навчанням.

Сучасна техносфера дедалі активніше рухається до створення самоорганізованих технологій. Такі технічні системи характеризуються децентралізованим управлінням, здатністю до гнучкої реконфігурації, узгодженням поведінки елементів без зовнішнього контролю та проявами колективного інтелекту. Уже сьогодні ці властивості спостерігаються у «розумних» енергетичних мережах, автономних транспортних системах, роях роботів, адаптивних інфраструктурних комплексах. Вони демонструють можливості технічної самоорганізації, що свідчить про появу нового типу техноеволюції – коеволюції людини та штучного інтелекту [2].

Концептуалізація теми охоплює розуміння штучного інтелекту як центрального принципу сучасної технонауки, що проникає у структуру технічного мислення, методологію інженерної діяльності та логіку конструювання технічних систем. ШІ формує нову інженерну мову – мову даних, моделей і симуляцій – де ключовим стає здатність систем навчатися, адаптуватися і вдосконалювати свою архітектуру в реальному часі. У цій парадигмі інженер постає не лише проектувальником, а й куратором інтелектуальних систем, який забезпечує взаємодію штучного та людського інтелекту.

Паралельно з технічними змінами постають філософські питання щодо природи інтелекту, відповідальності автономних систем, меж контролю над самоорганізованими технологіями, а також ролі людини в умовах зростання автономності машин. Виникає потреба у нових концептуальних підходах, що ґрунтуються на філософії техніки, системному аналізі, кібернетиці, когнітивній інженерії та теорії складних систем. Така міждисциплінарність дозволяє глибше осмислити сутність сучасної техноеволюції, у якій штучний інтелект виступає одночасно інструментом, середовищем і суб'єктом технологічної дії [3].

Отже, штучний інтелект стає рушієм нового етапу розвитку технічних наук, що веде від автоматизації до інтелектуальної інженерії та формування самоорганізованих технологічних систем. Цей процес не лише змінює інженерну практику, а й формує нову філософію техніки, у якій ключовими стають взаємодія людини й автономних систем, адаптивність, когнітивність та еволюційність технологічних процесів. Тема дослідження охоплює глибинні трансформації техносфери й визначає стратегічні напрями розвитку науки, інженерії та суспільства у XXI столітті.

1. Штучний інтелект як наступний етап автоматизації. Поява ШІ стала логічним продовженням тривалого процесу автоматизації, який почався ще у XX ст. Якщо раніше технічні системи виконували лише чітко запрограмовані дії, то сучасні алгоритми ШІ здатні ухвалювати рішення, прогнозувати та коригувати поведінку систем у реальному часі. У таких галузях, як машинобудування та виробнича інженерія, інтеграція ШІ підвищує точність, швидкість і безпеку виробничих процесів [4].

2. Інтелектуальна інженерія: новий формат взаємодії людини і машини. Інтелектуальна інженерія представляє собою синтез класичних інженерних знань і ШІ. У цьому підході проектування інфраструктур, машин або технологічних систем ґрунтується не лише на фізичних моделях, а й на алгоритмах машинного навчання. Такі системи здатні пропонувати оптимальні варіанти конструкцій, виявляти потенційні помилки ще на етапі моделювання та проводити багатовимірні аналізи, недоступні для традиційної інженерії.

3. Самоорганізовані технології: наступний рубіж технічної еволюції. Самоорганізовані технології є однією з найперспективніших сфер сучасних технічних наук. Ці системи можуть самостійно: адаптувати структуру або поведінку під зовнішні умови; здійснювати самодіагностику; оптимізувати внутрішні процеси без участі людини; формувати нові алгоритми або зв'язки між елементами системи. Такі технології вже використовуються у мережах нового покоління, автономній робототехніці

та системах кібербезпеки. Їх розвиток неможливий без застосування ШІ, який дозволяє створювати системи зі здатністю до самоорганізації [5].

4. Вплив ШІ на прискорення наукових відкриттів і технічних інновацій. ШІ здатний проводити обчислення, аналіз і моделювання в тисячі разів швидше за людину. Завдяки цьому в інженерії з'явилися: генеративні моделі для проектування деталей і конструкцій; цифрові двійники для тестування складних систем; автоматизовані інструменти для знаходження нових матеріалів; системи прогнозного технічного обслуговування. Ці технології скоротили час від ідеї до прототипу і значно підвищили точність проектних рішень.

5. Етичні та соціальні виклики застосування ШІ в технічних науках. Разом із розвитком інтелектуальних систем зростає потреба в регулюванні використання ШІ. Серед головних викликів: безпека автономних технологій; відповідальність за рішення, прийняті ШІ; ризики втрати контролю над самоорганізованими системами; необхідність нових професій і перекваліфікації інженерів. Забезпечення балансу між інноваціями та безпекою є критично важливим завданням сучасної технічної спільноти.

Висновки. Штучний інтелект став ключовим елементом еволюції технічних наук. Його можливості виходять далеко за межі автоматизації, формуючи нову парадигму інтелектуальної інженерії та самоорганізованих технологій. Вплив ШІ забезпечує зростання продуктивності, точності та інноваційності технічних рішень, одночасно створюючи нові виклики для суспільства. У майбутньому ШІ виступатиме центральною основою технічного прогресу, визначаючи напрямки розвитку науки, інженерії та технологій.

1. Штучний інтелект став ключовим каталізатором еволюції технічних наук, перетворивши традиційні моделі автоматизації на інтелектуальні системи, здатні до адаптації, прогнозування та самостійного прийняття рішень. Це змінює фундаментальні підходи в інженерії, виробництві, енергетиці, транспорті та інших галузях.

2. Перехід від автоматизованих технологій до інтелектуальної інженерії забезпечує можливість створювати системи, які не лише виконують алгоритм, а й навчаються на досвіді, оптимізують власну діяльність та взаємодіють між собою в режимі реального часу.

3. Самоорганізовані технології та кіберфізичні системи формують нову парадигму технічних наук – екосистемну, багаторівневу та високодинамічну. Вони відкривають шлях до адаптивних мереж енергетики, автономного транспорту, «розумних» виробничих конвеєрів та роботизованих агротехнологій.

4. ІІІ стає інфраструктурним інструментом розвитку: він визначає темп інновацій, конкурентоспроможність промисловості, кількість та якість робочих місць, стан безпеки та технологічного суверенітету.

5. Для України ІІІ має стратегічне значення, оскільки дозволяє компенсувати втрати людського капіталу, підвищувати продуктивність, розвивати військово-технічні інновації та формувати цифрову економіку нового покоління.

6. Еволюція технічних наук під впливом ІІІ вимагає мультидисциплінарного інженера нового типу – фахівця, який володіє ІТ-компетенціями, знанням фізичних процесів, кібербезпекою, системним мисленням і навичками роботи з великими даними.

Практичні рекомендації:

Створити на базі університетів центри інтелектуальної інженерії та технологій ІІІ, де студенти працюють з реальними даними підприємств.

Запровадити державну програму «STEM+AI для технічних наук», орієнтовану на підготовку фахівців із робототехніки, машинного навчання, кіберфізичних систем.

Створити умови для впровадження інтелектуальних виробничих платформ (Industry 4.0–5.0) на державних і приватних підприємствах.

Забезпечити доступ підприємств до сервісів аналізу великих даних та хмарної інфраструктури.

Стимулювати створення цифрових двійників для промислових об'єктів, енергетичних систем, транспортних вузлів.

Запровадити податкові пільги для компаній, які використовують ІІІ для підвищення продуктивності та екобезпеки.

Використовувати штучний інтелект для: оптимізації логістики та постачання в будівництві; управління «розумними» мережами енергетики; автоматизованого планування реконструкції інфраструктури; оцінки ризиків техногенних небезпек.

Створити систему AI-Driven Reconstruction, де дані про розгорнуті пілотні проєкти: автономного транспорту (дрони, роботизовані наземні платформи); енергетичних мікромереж з інтелектуальним балансуванням; агротехнологій зі ІІІ, що самостійно визначають режими поливу, посіву та добрив.

Створити національну платформу підтримки стартапів “AI Made in Ukraine”. Запровадити грантові програми для інженерних проєктів у сферах робототехніки, IoT, кіберфізичних систем. Розвивати інноваційні кластери у співпраці з бізнесом і університетами.

Україні необхідно перейти від фрагментарного використання ІІІ до системної національної політики розвитку штучного інтелекту,

де ШІ не просто технологія, а фундамент інтелектуальної економіки, технічних наук і технологічного суверенітету держави.

Список використаних джерел:

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. URL: <https://aima.cs.berkeley.edu/>
2. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. URL: <https://nickbostrom.com/superintelligence>
3. IEEE Spectrum – Artificial Intelligence Publications. URL: <https://spectrum.ieee.org/topic/artificial-intelligence/>
4. Крупа А. Г. Штучний інтелект (ШІ) як чинник формування постантропного суспільства: соціально-філософські виміри. *Актуальні проблеми філософії та соціології*. 2025. № 55. С. 112–118. URL: http://apfs.nuoua.od.ua/archive/55_2025/18.pdf
5. Метеленко Н. Г., Воронкова В. Г., Ажажа М. А. Технології штучного інтелекту як драйвер формування ноосферної економіки та досягнення цілей сталого розвитку. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. 4 (19). С. 355–362. URL: <https://dees.iei.od.ua/index.php/journal/article/view/806/776>
6. Череп А. В., Воронкова В. Г., Череп О. Г. Роль штучного інтелекту у забезпеченні соціально-економічної стабільності України в умовах війни і повоєнного відновлення. A comprehensive study of current problems of our time : collective monograph / compiled by V. Shpak ; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. 119 p. С. 23–36. URL: https://www.eo.kiev.ua/resources/arhivMonographs/mono_25/mono_25.pdf

ЛАВРОВ НІКІТА,

здобувач вищої освіти гр. 6.1334-с2 кафедри металургійного обладнання,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: maks12cat@gmail.com

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. ф. н., проф., завідувач кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК КАТАЛІЗАТОР АВТОМАТИЗАЦІЇ
ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Для сучасної металургійної промисловості характерне підвищення вимог до якості продукції, економічності та ефективності технологічних процесів, а також до раціонального використання можливостей основного та допоміжного обладнання. У чорній металургії активно впроваджуються нові прогресивні технологічні процеси, такі як безперервне розливання сталі, виплавка сталі в кисневих конверторах тощо. Постійно модернізуються технологічні процеси прокатного виробництва: запроваджується багатозлиткова прокатка на обтискних станах, прискорене охолодження розкатів, удосконалюються методи гарячої та холодної прокатки. Паралельно з цим зростає одинична потужність металургійних агрегатів: збільшуються обсяги доменних та сталеплавильних печей, підвищується продуктивність прокатних станів. Для ефективного управління такими складними виробничими комплексами створюються та впроваджуються металургійні автоматизовані системи управління (АСУ) усіх рівнів – від систем галузевого управління виробництвом до систем управління окремими агрегатами. Такі системи забезпечують централізоване управління та обробку інформації з використанням високопродуктивної обчислювальної й керуючої техніки [1].

Виходячи з викладеного, будь-який технологічний комплекс доцільно розглядати як сукупність трьох взаємопов'язаних підсистем: технологічного обладнання, засобів передачі та перетворення енергії, підсистеми обробки інформації. Кожна з цих підсистем виконує власні функції, і серед них неможливо виділити головну чи другорядну. Високоефективне виробництво

якісної продукції можливе лише за умови належного рівня технічного та інформаційного розвитку кожної з них. Високопродуктивний технологічний об'єкт являє собою комплекс автоматизованого технологічного та енергетичного обладнання, доповнений ефективними засобами управління. Автоматизоване технологічне устаткування разом із технічними системами, задіяними у виробничому процесі, а також сам технологічний процес, розглядаються як технологічні об'єкти управління. Сьогодні найрезультативнішим засобом управління такими об'єктами є централізовані системи управління, що базуються на сучасній обчислювальній техніці, економіко-математичних методах та останніх досягненнях теорії управління.

Такі системи керування отримали умовну назву АСУ ТП (автоматизовані системи керування технологічними процесами). Їх використання забезпечує низку ключових переваг для сучасної металургійної галузі. Переваги автоматизації у металургії: 1) автоматизація дає змогу комплексно контролювати всі етапи виробництва, що скорочує час технологічних операцій і підвищує ефективність використання ресурсів; 2) роботи та автоматичні системи беруть на себе виконання небезпечних і фізично складних робіт, що значно покращує умови праці та знижує рівень виробничого травматизму; 3) автоматизовані системи забезпечують високоточний контроль технологічних параметрів і якості продукції, що дозволяє оперативнo виявляти та усувати можливі дефекти; 4) використання автоматизованих рішень зменшує ризики помилок, спричинених людськими діями, підвищуючи точність, стабільність і швидкість виробничих операцій; 5) автоматизовані технології сприяють ефективнішому використанню енергії та сировини, оптимізують витрати та допомагають зменшити негативний вплив на довкілля [2].

Технології автоматизації – використання роботизованих систем у небезпечних виробничих зонах, впровадження систем моніторингу стану обладнання (CMS) та застосування доповненої реальності (AR) у технічному обслуговуванні; алгоритми ШІ оптимізують виробничі процеси, аналізують великі обсяги даних і сприяють підвищенню ефективності та якості продукції; роботизовані комплекси виконують складні, небезпечні та рутинні операції, що підвищує продуктивність і забезпечує стабільну якість. Однак, якими б значними не були досягнення у сфері штучного інтелекту, необхідно пам'ятати й про його зворотний бік. ШІ стає дедалі доступнішим для широкого кола користувачів, і в руках людей із недобрими намірами цей інструмент може перетворитися на потужну зброю впливу. Серед ризиків – поширення дезінформації та фейкових новин, цифровий шантаж, створення нових поколінь шкідливих програм, а також інші загрози, здатні викликати соціальну тривогу

та дестабілізувати інформаційний простір. Сучасні технології дозволяють здійснити такі дії буквально за кілька кліків, що підсилює важливість етичного та відповідального використання ШІ.

Основна філософська проблема в області штучного інтелекту полягає у визначенні того, чи можливо змодельовати людське мислення. Філософ Джон Серль вважає, що сподівання на створення повноцінного ШІ ґрунтується на хибній метафорі, яка ототожнює людський мозок із комп'ютерною програмою. Серед головних загроз, пов'язаних із розвитком ШІ, виокремлюють кіберзлочинність, адже алгоритми допомагають зловмисникам створювати більш переконливі фішингові повідомлення, автоматизувати атаки та обходити системи захисту. Соціальні ризики охоплюють технологічне безробіття, оскільки автоматизація може витіснити людей із певних професій, а також вплив на психіку, коли взаємодія з машинами здатна спричиняти емоційну залежність, ізоляцію та зниження самооцінки. Додатковою проблемою стає маніпуляція інформацією, оскільки генеративні моделі створюють фейкові новини, зображення та відео, що сприяє поширенню дезінформації. Порушення приватності виникає через необхідність обробки великих обсягів даних, що підвищує ризики витоків конфіденційної інформації. Алгоритмічна упередженість може посилювати соціальні нерівності, а розробка автономних бойових систем становить серйозну етичну і безпекову загрозу [3].

Надмірна автоматизація суттєво змінює правила на ринку праці, і багато професій із мінімальною роллю людського фактора опиняються на межі зникнення. Вихід із цієї ситуації полягає в адаптації та використанні нових технологій на благо суспільства. Передусім це означає необхідність опановувати технології, пов'язані зі штучним інтелектом, а також розвивати критичне мислення, креативність та емоційний інтелект – компетентності, які машини не здатні замінити. Вивчення програмування, машинного навчання, робототехніки та аналітики даних стає важливою умовою конкурентоспроможності на сучасному ринку праці. Разом із цим не можна забувати про людський аспект діяльності, що включає комунікацію, етичні норми та взаємодію з іншими людьми. Штучний інтелект не здатний замінити значення емоційних і соціальних зв'язків, які є фундаментом ефективної професійної взаємодії. Збереження балансу між технологічними можливостями та людським підходом дозволяє створювати синергію, що забезпечує найкращі результати. Майбутнє професій в епоху штучного інтелекту значною мірою визначатиметься здатністю людей адаптуватися до нових технологічних вимог. З кожним роком зростатиме потреба у фахівцях, які володіють компетентностями у сфері штучного інтелекту, аналізу даних, управління великими масивами

інформації та автоматизації процесів. Водночас важливо підтримувати інтерес до творчих і висококреативних видів діяльності, де людський фактор залишається принципово важливим і доповнює цифрові технології [4].

Трансформація професійної сфери не означає зникнення ролі людини – навпаки, вона відкриває нові можливості для тих, хто готовий навчатися і впроваджувати інновації. Розвиток умінь, пов'язаних зі швидкою адаптацією до технологічних нововведень, стає ключовою умовою професійної стійкості. Спеціалісти, які здатні інтегрувати сучасні цифрові рішення у власну професійну діяльність, не лише збережуть свою конкурентоспроможність, але й значно підвищать її. У перспективі саме ті працівники, які активно освоюють і застосовують технології, будуть найбільш затребуваними на ринку праці. Їхні можливості для професійного зростання, мобільності та інноваційного розвитку істотно розширюватимуться, формуючи нову парадигму праці в умовах цифрової епохи [5].

Висновки. Впровадження автоматизованих систем керування (АСУ ТП) у металургійному виробництві значно підвищує точність технологічних операцій, зменшує вплив людського фактору та забезпечує стабільність якості продукції.

Інтеграція штучного інтелекту у системи керування обладнанням дозволяє оптимізувати параметри процесів у реальному часі та прогнозувати відхилення, що мінімізує аварійні ситуації та знижує витрати.

Моделі машинного навчання відкривають можливість раннього виявлення дефектів продукції, порушень у роботі агрегатів та зношування елементів обладнання.

Цифрові двійники печей, конверторів та інших агрегатів забезпечують можливість симуляції процесів і вибору оптимальних режимів роботи без ризиків для реального виробництва.

Автоматизація сприяє підвищенню енергоефективності за рахунок точного дозування матеріалів, прогнозування теплових навантажень та контролю енергоспоживання.

Використання ШІ у поєднанні з сенсорними мережами, IoT та аналітикою великих даних забезпечує комплексний підхід до модернізації металургійного обладнання.

Практичні рекомендації

Розробити дорожню карту цифрової трансформації металургійного підприємства з поетапним переходом від часткової автоматизації до інтелектуальних систем управління.

Інвестувати у створення цифрової інфраструктури, включаючи сенсорні системи моніторингу, промислові мережі передачі даних та хмарні платформи для зберігання й обробки інформації.

Використовувати системи предиктивної аналітики, що працюють на базі ШІ, для прогнозування аварій, зниження простоїв та більш раціонального планування технічного обслуговування.

Упровадити цифрових двійників технологічних процесів для моделювання різних режимів роботи та оптимізації виробничих ліній.

Забезпечити навчання персоналу сучасним методам роботи з автоматизованими комплексами та інтелектуальними системами, формуючи нову цифрову культуру виробництва.

Здійснювати аудит кібербезпеки, оскільки інтеграція цифрових систем і ШІ підвищує вимоги до захисту даних та безпеки обладнання.

Розширювати співпрацю з науковими установами та розробниками для впровадження інновацій у сфері промислового ІТ, робототехніки та ШІ.

Оптимізувати виробничі процеси на основі даних, використовуючи алгоритми машинного навчання для вибору найбільш економічно вигідних режимів роботи обладнання.

Список використаних джерел:

1. Екологічний менеджмент у системі цифрових інновацій сталого розвитку: стратегії для зеленої економіки, металургії та бізнесу / за ред. д. філософ. н., проф. В. Г. Воронкової, д. е. н., проф. Н. Г. Метеленко. Львів–Торунь : Liha-Pres, 2025. 742 с.

2. Воронкова В. Г., Метеленко Н. Г., Нікітенко В. О., Ажажа М. А., Венгер О. М. Цифрові технології як чинник сталого розвитку екологічного менеджменту, екологічної безпеки та зеленої економіки в умовах глобальних викликів. Modern aspects of science and education : collective monograph / compiled by V. Shpak ; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. С. 95–118.

3. Метеленко Н. Г., Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Міжнародний досвід упровадження концепцій зеленої економіки та зеленого менеджменту для сталого розвитку. *Менеджмент та маркетинг як фактори розвитку бізнесу* : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції 23–24 квітня 2025 р. : 2 т. Електронне видання / відп. ред. та упоряд. В. В. Храпкіна, К. В. Пічик. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2025. Т. 1. С. 117–120.

4. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Розробка моделі зеленого менеджменту та зеленої економіки (на прикладі передових компаній світу). *Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва та торгівлі* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 15–16 травня 2025 року. Електронний ресурс / за заг. редак. проф. А. М. Ткаченко. Електрон. дані. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. С. 228–231.

5. Метеленко Н. Г., Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Цифрові технології як чинник сталого розвитку екологічного менеджменту та забезпечення екологічної безпеки. *Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва*

та торгівлі : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 15–16 травня 2025 року. Електронний ресурс / за заг. редак. проф. А. М. Ткаченко. Електрон. дані. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. С. 37–39.

УДК 006.3/8:005.9

МЕТЕЛЕНКО НАТАЛЯ,

д. е. н., проф.,

Запорізький національний університет

E-mail: natalia.metelenko@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6757-3124>

ГЛУЩЕВСЬКИЙ АРКАДІЙ,

Запорізький національний університет

E-mail: adya.glu@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-6201-692X>

ГЛУЩЕВСЬКИЙ В'ЯЧЕСЛАВ,

д. е. н., проф.,

Запорізький національний університет

E-mail: glushevsky@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2124-5985>

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ ІТ-СЕКТОРУ НА БАЗІ СТАНДАРТІВ ISO

Сучасне підприємство ІТ-сектору (далі – ІТ-компанія), як мікро-економічна система (далі – МіЕС), являє собою велику, надскладну нелінійну динамічну систему з поширеною мережею різноманітних взаємодій та відносин, внутрішніх і зовнішніх. Вивчення такого підприємства із системних позицій передбачає його комплексний опис, що дасть змогу застосовувати до нього методологічний і методичний апарат аналізу його функціонування, передбачення його поведінки за умов дії різних чинників у певному діапазоні їх впливів, а також вирішити завдання аналізу й синтезу ефективної системи менеджменту ІТ-компанії.

Для здійснення функцій менеджменту ІТ-компанії як системи її умовно поділяють на відокремлені частини – організаційні підрозділи, функціональні відділи, бізнес-процеси тощо, підвищуючи цим ступінь розуміння

сутності окремих процесів, схем і умов їх перебігу, а також здійснюючи персоніфікацію відповідальності за виконуваний у підрозділах певний набір функцій для кращого сприйняття механізмів управління окремими підрозділами й бізнес-процесами ІТ-компанії. З іншого боку, збільшення кількості та ієрархічності між цими відокремленими частинами ІТ-компанії приводить до їх поступового віддалення одне від одного, розмивання й ускладнення структурних і функціональних зв'язків між ними, що може спричинити втрату цілісності управління, різноспрямованість локальних (у межах окремих підрозділів або бізнес-процесів) і загальних цілей підприємства, суперечності в управлінні. За цих умов, врахування, узгодження між собою та формалізацію різнопланових аспектів діяльності ІТ-компанії можливо завдяки конструюванню її комплексної моделі системи менеджменту ІТ-компанії.

Під *комплексною моделлю МіЕС* взагалі та *ІТ-компанії* зокрема будемо розуміти модель МіЕС, яка містить комплекс частинних, асинхронних або/та взаємозв'язаних між собою, моделей; відношення між моделлю МіЕС та її частинними моделями регулюються системними принципами емерджентності та відповідності.

Сьогодні серед існуючих підходів до конструювання комплексних моделей МіЕС виділяють чотири найбільш відомі й визнані у світі архітектурні методології: структура Захмана (або модель Захмана), методика TOGAF (або стандарт TOGAF, The Open Group Architectural Framework), методологія FEA (Federal Enterprise Architecture) та методологія Gartner (або набір практичних рекомендацій від Gartner). Жоден з цих підходів не є повним, кожен з них має свої переваги та недоліки.

У нашій роботі при побудові комплексної моделі системи менеджменту ІТ-компанії ми ґрунтуємося на принципах архітектурної методології, які доповнюємо та інтегруємо з принципами стратифікації на базі та інструментарію ієрархічного моделювання (технологія метамодельювання) складних систем.

Під *стратифікацією МіЕС* взагалі та *ІТ-компанії* зокрема будемо розуміти її аналіз з різних точок зору (аспектів моделювання) та відповідну поаспектну багатовимірну декомпозицію з метою вироблення та синхронізації різних сегментів знань (*страт* або *стратифікаційних представлень* МіЕС), забезпечуючи одночасно логічну цілісність всіх цих знань.

Під *технологією метамодельювання ІТ-компанії* будемо розуміти технологію синтезу класів моделей досліджуваної ІТ-компанії, яка визнає систему форм, методів, засобів, методологічних прийомів і процедур ієрархічного моделювання МіЕС, розглядаючи її структурно-функціональну будову з певної точки зору та з урахуванням цілей дослідження,

та виступає методологічною основою інтеграції та узагальнення при створенні системи менеджменту ІТ-компанії.

В основу більшості сучасних технологій метамодельювання покладено об'єктно-орієнтований метод розробки на базі моделей MDD (Model-Driven Development), запропонований консорціумом OMG (Object Management Group), – це технологія чотирирівневого (чотиришарового) метамодельювання [1].

З іншого боку, цей підхід принципово не обмежує кількість метарівнів (шарів) модельного представлення об'єктів і відношень і реалізує модельно-керований підхід до метамодельювання, який передбачає гнучкий опис моделі об'єктної системи у форматі високого рівня абстрагування, що уможливорює її цілісне дослідження і не потребує фундаментальної перебудови множини моделей у разі появи необхідності внесення певних змін чи коригувань. Цей метод сьогодні найпоширеніший у галузі програмної інженерії, у тому числі при створенні корпоративних АСУ на базі комплексної моделі системи менеджменту ІТ-компанії.

Інтерпретація технології чотирирівневого метамодельювання на семантичному (М3-рівень – шар мета-метамodelей), синтаксичному (М2-рівень – шар метамodelей), якісному (М1-рівень – шар modelей) та кількісному (М0-рівень – шар даних щодо моделі предметної області) рівнях уможливорює створення (конструювання, генерацію) конкретних модельних комплексів, які адекватно описують процеси функціонування складних систем, у тому числі ІТ-компаній, шляхом їх ретрансляції в термінах певних формальних (математичних) мов.

Конструювання modelей проблемних областей зі складними внутрішніми структурами, архітектурно розміщеними на різних рівнях абстрагування, передбачає застосування стандартів. Міжнародна організація зі стандартизації ISO (International Organization for Standardization) рекомендує для цих цілей міжнародний стандарт ISO/IEC 19502:2005 [2] – Meta-Object Facility, MOF (Інформаційні технології – Метаоб'єктний засіб), – стандарт для розробки, керованої modelями (розробником є OMG), який представляє собою «чітку» архітектуру метамодельювання (кожний елемент на будь-якому метарівні, окрім М3, відповідає рівню одному елементу вищого шару).

Проте, за деякими виключеннями, увага в основному приділяється метамодельюванню комп'ютерних систем, залишаючи економічні системи, зокрема ІТ-компанії, поза увагою цих досліджень. Таким виключенням є метамодель ISO/IEC 24744:2014 – Software Engineering – Metamodel for Development Methodologies (SEMDM – Програмна інженерія – метамодель методологій розробки програмного забезпечення) [3]: International

Standard, яку презентувала Міжнародна організація зі стандартизації ISO. Її призначенням є представлення (формалізований опис) структури і функціональності підприємств у єдиному форматі, що дозволяє розробникам програмного забезпечення стандартизувати власні програмно-прикладні рішення з автоматизації систем менеджменту. Узагальнена метамодель SEMDM дозволяє розробляти та реалізовувати різні методології програмної інженерії для створення прикладних рішень щодо систем менеджменту.

Метамодель SEMDM, по суті, виступає своєрідним механізмом гармонізації між набором різнорідних стандартів ISO, на основі яких вже розробляються різноманітні прикладні рішення щодо систем менеджменту конкретних IT-компаній. Вона регламентує інваріантну основу, на якій програмно відбувається «стиківка» моделей управління бізнес-процесами IT-компанії (моделі нижнього рівня абстракції) з моделями управління процесами вищого рівня у системі менеджменту: управління якістю IT-послуг, керівництво з управління проектами тощо.

Окреслене наукове підґрунтя для виконання завдань нашого дослідження потребує на критичний аналіз змісту та функціонального призначення чинних стандартів ISO, які безпосередньо впливають на діяльність підприємств IT-сектору. До реєстру чинних ISO-стандартів, які безпосередньо застосовуються під час створення, адміністрування та вдосконалення систем менеджменту IT-компаній, можна включити, зокрема, такі (наводимо лише перелік ідентифікаторів ISO-стандартів; результати їх аналізу будуть представлені в наступних працях авторів) [4]: ISO 9001:2015; ISO/IEC 27001:2022; ISO/IEC 27002:2022; ISO/IEC 27005:2022; ISO/IEC 27017; ISO/IEC 27018; ISO/IEC 27701; ISO/IEC 20000-1:2018; ISO 22301:2019; ISO/IEC 31000:2018; ISO/IEC 38500:2015; ISO/IEC 29110:2020; ISO/IEC 25010:2011; ISO/IEC 12207:2017; ISO/IEC 15288:2015.

Таким чином, імплементація перелічених стандартів ISO сприяє досягненню IT-компанією цілей сталого розвитку у соціальній, економічній, екологічній та управлінській площинах. ISO-сертифікація системи менеджменту якості наявної мережі бізнес-процесів компанії є вимогою міжнародного ринку IT-аутсорсингу. При виході на міжнародний ринок IT-компанія потребує на системно створений опис та розроблений пакет нормативних документів – процедури системи якості, регламенти бізнес-процесів, посадові інструкції виконавців тощо.

Отримані результати є базою щодо створення у подальшому дорожньої карти для запровадження цілісної системи менеджменту типової IT-компанії з метою підвищення гнучкості, керованості та ефективності управління розподіленими IT-командами.

Список використаних джерел:

1. Gillis Alexander S. Model-driven development. *Software Design And Development. WebCite TechTarget*. URL: [https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/model-driven-development#:~:text=Model%2Ddriven%20development%20\(MDD\),MDD%20than%20with%20traditional%20development](https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/model-driven-development#:~:text=Model%2Ddriven%20development%20(MDD),MDD%20than%20with%20traditional%20development) (дата звернення: 20.11.2025).
2. ISO/IEC 19502:2005. Information technology – Meta – Object Facility (MOF): International Standard. International Organization for Standardization, 2005. URL: <https://www.iso.org/standard/32621.html> (дата звернення: 20.11.2025).
3. ISO/IEC 24744:2014. Software Engineering – Metamodel for Development Methodologies : International Standard. International Organization for Standardization : International Electrotechnical Commission, 2014. URL: <https://www.iso.org/standard/62644.html> (дата звернення: 20.11.2025).
4. Certification Process for All Systems. WebCite Inspection Certification Registration. URL: <https://icr-cert.com.ua/en/process-sertifikacii-dlya-vseh-sistem/> (дата звернення: 20.11.2025).

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц.,

доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: va.ogloblina@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

ЗАГОРОДНІЙ СЕРГІЙ,

аспірант спеціальності 073 «Менеджмент»,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: zahorodnii@znuiepf.com.ua

ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0001-0848-7592>

БАЛАГУШ ІВАН,

магістр гр. 8.1744,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: ivan.balahush@gmail.com

**ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В УМОВАХ ВІЙНИ
ТА ПОСТВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ**

Вже майже чотири роки український бізнес функціонує в умовах повномасштабної війни. Попри тривалі виклики, у 2025 році він не лише утримує позиції, але й демонструє помірне відновлення, адаптуючись до нових реалій. Зростання ВВП сягає 2 %, але бізнес-сектор показує стійкість: 84 % компаній прогнозують зростання або стабільні доходи до кінця року. Як малі стартапи, так і великі підприємства швидко пристосовуються, фокусуючись на диверсифікації, цифровізації та виході на нові ринки. IT-сектор, сільське господарство та виробництво залишаються ключовими драйверами, тоді як фріланс і ветеранський бізнес набирають обертів.

Сучасний конкурентний бізнес передбачає застосування інноваційного підходу до організації та провадження бізнесової діяльності. В основі інноваційного підходу до сучасних конкурентних вимог ринкового середовища лежить технологія штучного інтелекту (ШІ), яка передбачає

інтегрування функцій програмування електронних автоматизованих систем самостійно приймати рішення на основі готових алгоритмів прийняття управлінських рішень [1]. Такого типу програмні продукти функціонують: за певними правилами, або при застосуванні алгоритмічних технік дерева рішень; з використанням технологій генетичних алгоритмів; техніки штучних нейронних мереж чи при застосуванні системи нечіткої логіки. З метою отримання конкурентних переваг у бізнесі застосування AI-технологій стало трендом сьогодення. Усі технології, де функції людини виконують продукти штучного інтелекту сприяють ефективному виконанню визначених функцій, із мінімальними витратами, максимальними якісними параметрами та показниками рентабельності. Слід зауважити, що застосування AI-технологій для споживача підвищують рівень життя та його якість, спрощують завдання, а для бізнесу – сприяють максимальній ефективності та безперебійності у роботі, не зважаючи на зовнішні обставини. Варто наголосити на необхідності швидкого адаптування роботи бізнесових структур в системі інтегрованих у виробничий цикл AI-технологій. Сучасним трендом є не лише використання технологій із інтегрованими інструментами штучного інтелекту, але і його розробка, так званий AI Engineering, розподілене підприємство, генеративний штучний інтелект, гіперавтоматизація, інтелект у прийнятті рішень, компоновані додатки, хмарні платформи, мережа кібербезпеки, обчислення для кращої конфіденційності, фабрика даних [2].

Задачі, розв'язання яких раніше займало тривалий час, в даний час розв'язуються з використанням штучного інтелекту за достатньо короткі терміни. Дослідження PwC свідчать, що світовий ВВП може зрости до 14 % у 2030 році за рахунок застосування ШІ – еквівалентно додатковим 15,7 трлн дол [3].

Найбільшого значення автоматизація набула на підприємствах. Із збільшенням виробничих потужностей і ускладненням технологій для управління виробництвами створюють та використовують спеціальні автоматизовані пристрої, які дозволяють управляти технологічними процесами без участі людини. Складність створення ефективних систем управління технологічними процесами привела до розділення автоматизації як галузі, на вузьчі профілі: автоматизацію харчових виробництв, автоматизацію хімічних виробництв, автоматизацію процесів переробки нафти і газу, автоматизацію житлово-комунального господарства, транспорту тощо. Останнім часом системи автоматизації почали будувати на основі обчислювальних пристроїв, комп'ютерів і мікропроцесорів. Для створення і роботи таких систем розробляють спеціальне програмне забезпечення.

Автоматизовані системи управління (АСУ) є технічним аналогом інтелекту людини. Сучасні АСУ будуються на базі цифрових пристроїв – комп’ютерів і мікропроцесорів. Основою таких систем є складне програмне забезпечення, яке використовує як прості алгоритми розрахунків так і алгоритми на основі штучного інтелекту – нейронних мереж і нечіткої логіки. АСУ застосовують для управління будь-якими сучасними процесами і виробництвами.

Таким чином, сучасне підприємство функціонує майже без участі людини. Втручання в роботу підприємства необхідне лише у випадку надзвичайної ситуації – аварії або поломки обладнання. На багатьох підприємствах запроваджено дистанційне керування через мережу Інтернет або через мобільні додатки.

У різних сферах практичної діяльності, пов’язаних з вирішенням завдань управління та контролю, оптимізації та моделювання, пошуку та вибору, розпізнавання та класифікації, гостро постала необхідність інтелектуальної підтримки для подолання труднощів в складних ситуаціях і при обмежених ресурсах. Методи та засоби штучного інтелекту доходять до споживача у вигляді інтелектуальних технологій, які практично інваріантні до тієї чи іншої проблемної області. Традиційно до ІТ відносять нечітку логіку, генетичні алгоритми і нейронні мережі. ІТ успішно використовуються для створенні складних систем управління. Вимоги до пристроїв управління – забезпечувати надійне управління об’єктом в різних режимах його роботи, бути стійким як до різких змін, так і до повільної деградації параметрів системи управління, враховувати можливу наявність шумів і зовнішніх передбачених і непередбачених впливів [4].

Одним з основних шляхів поствоєнного відновлення та економічного розвитку України є використання штучного інтелекту для автоматизації систем управління технологічними процесами, зокрема підвищення ефективності доменного виробництва, яке може бути досягнуто за рахунок підвищення якості агломерації залізничних руд та економії палива для цього процесу. Вирішальний вплив на результат спікання надають газопроникливість та структура шару шихти на аглострічці, які, у свою чергу, визначаються якістю огрудкування сипкого матеріалу у барабанному огрудкувачі.

Аналіз стану управління огрудкувачем сипких матеріалів показує, що на вітчизняних виробництвах спроби отримання гранулята із заданими властивостями часто не мають задовільного результату з-за недостатньої вивченості процесу, відсутності раціональних критеріїв управління, використання керуючих впливів, що вносять збурення у процеси транспортування та спікання шихти, а також відсутності комплексного підходу до формування гранулометричного складу шихти при огрудкуванні

та транспортуванні на аглострічку. Наслідками позначених проблем є зниження продуктивності агломашини та нераціональне використання теплоти згоряння твердого палива.

Вказані недоліки усунені шляхом отримання достовірного математичного опису процесів огрудкування та транспортування шихти на аглострічку, яке було б засноване на аналізі сутності даних процесів та пов'язувало б основні технологічні параметри, а також побудови на основі отриманих моделей алгоритмів керування, які забезпечать оптимізацію управління формуванням гранулометричного складу шихти. Вочевидь синтез математичних моделей вказаних процесів та побудова на їх основі алгоритмів керування є актуальною задачею для промислових підприємств.

Водночас очевидно: в сьогодишніх умовах Україна має порівняно невисокий рівень автоматизації як на виробництві, так і в інших сферах. Усі інновації світу, які широко використовуються у провідних країнах Європи та США, до України доходять із запізненням. Отже, реалізувати очікування від інтегрування ІТ технологій та впровадження цифрової трансформації у бізнес-середовище можливо розвиваючи штучний інтелект у визначених напрямках. Сучасні технології із інтегрованим штучним інтелектом сприяють підвищенню ефективності бізнесу, підносять його на новий рівень та забезпечують вигоду для усіх учасників бізнес-процесу. Одним з основних шляхів поствоєнного відновлення та економічного розвитку України є використання штучного інтелекту для автоматизації систем управління технологічними процесами.

Список використаних джерел:

1. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О., Метеленко Н. Г., Оглобліна В. О. Штучний інтелект як ключовий інструмент трансформації ноосферної економіки та досягнення цілей сталого розвитку. *Humanities studies : Collection of Scientific Papers* / Ed. V. Voronkova. Zaporizhzhia : Publishing house "Helvetica", 2025. 24 (101).
2. Фостолович В. А. Штучний інтелект в сучасному бізнесі: потенціал, сучасні тренди та перспективи інтегрування у різні сфери господарської діяльності і життєдіяльності людини. *Ефективна економіка*. 2022. № 7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2022_7_6 (дата звернення: 12.11.2025 р.).
3. Нетудихата К. Л. Застосування штучного інтелекту в управлінні виробничими системами. *Ефективна економіка*. 2025. № 5. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/ee/issue/view/222> (дата звернення: 12.11.2025 р.).
4. Голомб В. В., Оглобліна В. О., Голомб В. В. Цифрова система підвищення ефективності управління бізнес-процесами (BPM) і логістикою. *Цифрова економіка та економічна безпека*. Одеса : Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій. 2025. № 4 (19). С. 85–93. URL: <https://dees.iei.od.ua/index.php/journal/article/view/766> (дата звернення: 11.11.2025 р.).

ПАРШИН ЮРІЙ,

д. е. н., професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: parshin22@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8650-5303>

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН
ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ**

Електричні машини становлять основу сучасної енергетики та промисловості, адже саме вони забезпечують перетворення електричної енергії у механічну та навпаки, формуючи базу для роботи виробничих процесів, транспорту, комунального господарства й побутових систем. Зростання енергоспоживання, виклики кліматичних змін та потреба у скороченні викидів парникових газів роблять питання їхньої енергоефективності особливо актуальним.

Модернізація обладнання та впровадження нових технологій стають ключовими чинниками розвитку, що визначають конкурентоспроможність підприємств і стійкість економіки. Проблема енергоефективності має технічний, економічний та екологічний виміри: за даними міжнародних агентств, електродвигуни споживають понад 45 % світової електроенергії, тому навіть невелике підвищення їхньої ефективності дає значну економію ресурсів і зменшує негативний вплив на довкілля. В Україні ця проблема загострюється високим рівнем зношеності обладнання, втратами енергії у промисловості та необхідністю гармонізації з європейським енергетичним простором.

На сьогодні цією проблематикою активно займаються як українські, так і зарубіжні дослідники. Серед них можна зазначити Толмачова С. Т., Ільченко О. В., Берідзе Т. М., Бойко С. М., Стожок О. О. та інші.

Зазначимо, що сучасні дослідження у сфері енергоефективності електричних машин зосереджуються на кількох ключових напрямках. Використання нових матеріалів (наноструктурні магнітні сплави, композитні ізоляційні матеріали), що дозволяють зменшити втрати на гістерезис та вихрові струми. Оптимізація конструкцій електродвигунів, зокрема застосування високоефективних асинхронних та синхронних машин із постійними магнітами. Інтелектуальні системи керування, які забезпечують адаптивне регулювання режимів роботи та мінімізацію

енергоспоживання. Цифровізація та Інтернет речей (IoT), що дозволяють здійснювати моніторинг стану машин у реальному часі та прогнозувати їхню ефективність. Європейські стандарти енергоефективності (IE3, IE4, IE5), які визначають вимоги до сучасних електродвигунів та стимулюють виробників до впровадження інновацій.

Вітчизняні та зарубіжні науковці (наприклад, праці IEEE, Elsevier, Springer) підкреслюють, що модернізація електричних машин є не лише технічним завданням, а й стратегічним напрямом енергетичної політики.

Метою дослідження є узагальнення сучасних підходів до підвищення енергоефективності електричних машин, аналіз перспектив їх модернізації та визначення ключових напрямів розвитку галузі в умовах глобальних викликів та інтеграції України у європейський енергетичний простір.

Енергоефективність електричних машин визначається співвідношенням корисної потужності до спожитої електроенергії, що відображає здатність обладнання максимально ефективно перетворювати електричну енергію у механічну роботу при мінімальних втратах. На цей показник впливають кілька ключових факторів: втрати у сталі, які виникають через гістерезисні явища та вихрові струми в магнітопроводі; втрати у міді, пов'язані з нагріванням обмоток під час протікання струму; механічні втрати, що зумовлені тертям у підшипниках та витратами на вентиляцію; а також додаткові втрати, які виникають через конструктивні особливості машини, недосконалість технології виготовлення чи експлуатаційні умови. У сукупності ці чинники визначають рівень ефективності роботи електричних машин, впливають на їхню довговічність, економічність та екологічність. Саме тому сучасні дослідження спрямовані на пошук шляхів зменшення втрат у матеріалах, оптимізацію конструкцій, застосування нових технологій охолодження та вдосконалення систем керування, що дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії, знизити енергоспоживання та забезпечити відповідність міжнародним стандартам енергоефективності. Формула загальної ефективності має вигляд:

$$\eta = \frac{P_{\text{корисна}}}{P_{\text{вхідна}}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де $P_{\text{корисна}}$ – корисна потужність, $P_{\text{вхідна}}$ – спожита потужність.

Сучасні технології підвищення ефективності електричних машин спрямовані на зменшення втрат енергії та оптимізацію роботи обладнання. Високоєфективні двигуни класу IE3–IE5 дозволяють скоротити витрати

електроенергії на 15–25 % порівняно зі стандартними моделями, а використання постійних магнітів у синхронних двигунах забезпечує вищий ККД та компактність конструкції. Електронні системи керування, зокрема частотні перетворювачі, регулюють швидкість і навантаження, знижуючи споживання енергії та продовжуючи ресурс обладнання. Цифровий моніторинг на основі IoT забезпечує контроль параметрів у реальному часі та прогнозування несправностей, що підвищує стабільність виробничих процесів і створює умови для інтеграції машин у «розумні» енергетичні системи.

Перспективи модернізації електричних машин зводяться до ключових рішень, спрямованих на підвищення їхньої енергоефективності та відповідність сучасним вимогам виробництва. Це передусім заміна застарілих двигунів на високоефективні моделі класу IE3–IE5, що зменшують втрати електроенергії, а також впровадження автоматизованих систем керування для оптимізації режимів роботи й стабільності обладнання. Використання нових матеріалів і вдосконалених технологій охолодження допомагає знизити теплові втрати та продовжити ресурс машин. Важливим напрямом є інтеграція у «розумні» енергетичні системи Smart Grid, що забезпечує гнучке управління потоками енергії та підтримує концепцію сталого споживання. У результаті модернізація поєднує економічну ефективність, інноваційність і екологічну відповідальність.

Підвищення енергоефективності електричних машин дозволяє підприємствам суттєво зменшити витрати на електроенергію, скоротити викиди CO₂ завдяки раціональному використанню ресурсів, підвищити конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та міжнародному ринках, а також забезпечити відповідність сучасним міжнародним стандартам енергоефективності, що є важливим чинником інтеграції у глобальний економічний простір.

В Україні модернізація електричних машин стикається з низкою серйозних проблем, серед яких високий рівень зношеності обладнання, що перевищує 60 % і суттєво знижує ефективність виробничих процесів, обмежені інвестиційні ресурси, які стримують впровадження нових технологій, потреба у гармонізації національних стандартів із вимогами Європейського Союзу, а також негативний вплив воєнних дій на інфраструктуру та промислове виробництво. Водночас існують перспективи, що відкривають можливості для розвитку галузі: залучення міжнародних інвестицій, участь у програмах енергоефективності ЄС, які стимулюють модернізацію та інтеграцію у європейський енергетичний простір, а також активізація наукових досліджень і реалізація інноваційних проєктів, здатних забезпечити технологічне оновлення та підвищення конкурентоспроможності української економіки.

Таким чином, енергоефективність електричних машин та їх модернізація виступають не лише технічним завданням, але й стратегічним інструментом економічного розвитку, що поєднує економічні, екологічні та соціальні аспекти. Реалізація цього потенціалу є необхідною умовою для забезпечення стійкого зростання та конкурентоспроможності України у глобальному енергетичному просторі.

Список використаних джерел:

1. Толмачов С. Т., Ільченко О. В. Підвищення енергоефективності асинхронних двигунів в Україні: стан, можливості та перспективи. *Вісник Криворізького національного університету*. 2023. № 56. С. 133–138. URL: <https://journal-knu.com.ua/web/uploads/pdf/Journal%20of%20Kryvyi%20Rih%20National%20University,%20Vol%2021,%20No%201-133-139,%202023.pdf>
2. Берідзе Т. М., Бойко С. М. Дослідження критеріїв оцінювання якісних показників електропостачання промислових підприємств. *Вісник Криворізького національного університету*. 2023. № 57. С. 121–127. URL: https://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/opac/search.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vktu%5F2023%5F57%5F23%2Epdf
3. Стожок О. О. Дослідження електромеханічних систем у розвитку електроприводів наступного покоління. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 3 (90). URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/710

ПАРШИН ЮРІЙ,

д. е. н., професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: parshin22@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8650-5303>

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ
ТА ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

Сучасні електричні мережі функціонують в умовах зростаючих навантажень, інтеграції відновлюваних джерел енергії та підвищених вимог до надійності й безпеки. Високий рівень зношеності обладнання, ризики аварійних ситуацій та потреба у зниженні втрат енергії актуалізують питання застосування новітніх методів діагностики та захисту. Це особливо важливо для України, де модернізація енергетичної інфраструктури є стратегічним завданням у контексті інтеграції до європейського енергетичного простору. Впровадження сучасних технологій дозволить не лише підвищити ефективність роботи мереж, але й забезпечити їхню стійкість до зовнішніх викликів та відповідність міжнародним стандартам розвитку енергетики.

У світовій практиці активно розвиваються технології цифрового моніторингу, системи на базі Інтернету речей (IoT), а також алгоритми штучного інтелекту для прогнозування несправностей. Дослідження показують ефективність використання частотних перетворювачів, релейного захисту нового покоління та цифрових підстанцій. Вітчизняні науковці акцентують увагу на необхідності гармонізації стандартів із ЄС та впровадженні Smart Grid, що забезпечує інтеграцію діагностики й захисту у єдину систему управління.

Так колективом авторів М. С. Юхимчуком, В. О. Лесько і О. В. Климчуком розглянуто сучасні методи діагностики високовольтного обладнання, зокрема трансформаторів, кабельних ліній та комутаційних апаратів [1]. Вони роблять акцент на термографії, акустичній емісії та ультразвуковому тестуванні, а це дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях. Автори підкреслюють значення моніторингу електричних параметрів для підвищення надійності мереж.

Яковлев Д. А. [2] пропонує мультисенсорну систему для діагностики електрообладнання, що базується на бездротових технологіях. Система

дозволяє здійснювати моніторинг параметрів у реальному часі та прогнозувати несправності. Автором показується ефективність інтеграції цифрових технологій у промислові енергетичні процеси.

У статті [3] авторами досліджено сучасні методи вимірювання та контролю електроенергетичних систем. Особливу увагу приділено вейвлет-аналізу як універсальному інструменту для діагностики нестаціонарних сигналів та оцінки якості електроенергії. В роботі також підкреслюється значення нових математичних методів для підвищення точності діагностики.

Автори статті розглядають сучасні методи діагностики та прогнозування несправностей у високовольтних і середньовольтних мережах [4]. Вони аналізують алгоритми машинного навчання, системи моніторингу та цифрові технології для підвищення надійності енергетичних систем. Зазначена робота має практичне значення для впровадження Smart Grid.

Метою є узагальнення сучасних методів діагностики та захисту електричних мереж, визначення їхніх переваг та перспектив застосування для підвищення надійності й енергоефективності енергетичних систем.

Сучасні методи діагностики електричних мереж базуються на використанні цифрових технологій, які забезпечують високий рівень точності та оперативності контролю. Одним із ключових напрямів є цифровий моніторинг та системи Інтернету речей (IoT), що дозволяють здійснювати безперервний контроль параметрів роботи обладнання у реальному часі. Завдяки цьому оператори отримують можливість швидко реагувати на зміни в режимах роботи, прогнозувати виникнення несправностей та своєчасно проводити профілактичні заходи. Такий підхід значно підвищує надійність електричних мереж і зменшує ризик аварійних ситуацій.

Важливим інструментом сучасної діагностики є аналіз великих даних та застосування алгоритмів машинного навчання. Ці технології дозволяють обробляти великі масиви інформації, отримані від датчиків та систем моніторингу, виявляти приховані дефекти, які неможливо визначити традиційними методами, а також оптимізувати режими роботи обладнання. Використання штучного інтелекту дає змогу створювати прогностичні моделі, що визначають ймовірність виникнення відмови та допомагають планувати технічне обслуговування з мінімальними витратами. Це забезпечує ефективне управління ресурсами та підвищує економічну стійкість енергетичних систем.

Також окреме значення мають методи тепловізійного та акустичного контролю, які застосовуються для локалізації пошкоджень у кабельних лініях, трансформаторах та іншому високовольтному обладнанні. Тепловізійна діагностика дозволяє виявляти перегріву та дефекти ізоляції, що можуть призвести до аварій, тоді як акустичний контроль дає змогу

визначати часткові розряди та інші приховані процеси всередині обладнання. Поєднання цих методів забезпечує комплексний підхід до оцінки технічного стану електричних мереж, підвищує точність діагностики та дозволяє своєчасно усувати потенційні проблеми. У результаті сучасні технології діагностики стають невід'ємною складовою системи управління енергетичною інфраструктурою, сприяючи її надійності, безпеці та довговічності.

Зазначимо, що методи захисту електричних мереж сьогодні охоплюють широкий спектр технологій, які спрямовані на забезпечення їхньої надійності, безпеки та стабільності роботи. Одним із ключових напрямів є релейний захист нового покоління, що відрізняється високою швидкістю реагування на аварійні режими та здатністю мінімізувати наслідки пошкоджень. Завдяки використанню цифрових алгоритмів та інтелектуальних систем він забезпечує точне визначення місця аварії, автоматичне відключення пошкодженої ділянки та збереження працездатності інших елементів мережі. Це значно знижує ризик масштабних відключень і підвищує загальну надійність енергопостачання.

Важливим інструментом є автоматизовані системи керування навантаженням, які дозволяють ефективно розподіляти електроенергію між споживачами та запобігати перевантаженням. Такі системи здійснюють постійний контроль за рівнем навантаження, регулюють його відповідно до поточних умов та забезпечують стабільність роботи мережі навіть у пікові періоди. Це не лише зменшує ймовірність аварій, але й сприяє економії ресурсів та оптимізації використання енергетичних потужностей.

Окремо слід відзначити інтеграцію електричних мереж у концепцію Smart Grid, яка поєднує діагностику, захист і управління в єдиній цифровій платформі. Smart Grid забезпечує гнучкість та адаптивність енергосистеми, дозволяє швидко реагувати на зміни в режимах роботи, інтегрувати відновлювані джерела енергії та забезпечувати баланс між виробництвом і споживанням. Саме такий підхід створює новий рівень безпеки та ефективності, формуючи основу для сталого розвитку енергетики та її відповідності сучасним міжнародним стандартам.

Сучасні методи діагностики та захисту електричних мереж є ключовим інструментом підвищення їхньої надійності, ефективності та безпеки. Використання цифрових технологій, штучного інтелекту та Smart Grid створює передумови для формування нової моделі енергетики, яка відповідає вимогам сталого розвитку. Для України впровадження таких рішень має стратегічне значення, адже дозволяє зменшити втрати енергії, підвищити якість електропостачання та інтегруватися у європейський енергетичний простір.

Список використаних джерел:

1. Юхимчук М. С., Лесько В. О., Климчук О. В. Дослідження сучасних методів та засобів діагностики високовольтного обладнання. Матеріали міжнародної конференції «MCCS-2024». Вінниця : ВНТУ, 2024. С. 45–52. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mccs/mccs2024/paper/viewFile/22186/19035>
2. Яковлев Д. А. Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання з використанням Wi-Fi. *Моніторинг, діагностика та керування енергетичними процесами та обладнанням*. Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. № 4. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/c939c987-232c-4d79-81e8-fac0fa15534/content>
3. Serdenko T., Kabatsii V., Rosul R., Prots L. Методи вимірювання та контролю в сучасній електротехніці. *ISTCMTM* : науковий журнал. 2025. № 2. Т. 86. С. 12–17. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/istcmtm/vsi-vypusky/volume-86-no2-2025/metody-vymiryuvannya-ta-kontrolyu-v-suchasniy-elektrotehnici>
4. Bindi M., Piccirilli M. C., Luchetta A., Grasso F. A Comprehensive Review of Fault Diagnosis and Prognosis Techniques in High Voltage and Medium Voltage Electrical Power Lines. *Energies*. 2023. Vol. 16, Issue 21. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/21/7317>

РЕКОТОВ ПЕТРО,

к. ю. н., доц.,

доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: recotov@meta.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0378-378X>

ПАНТЕЛЄЄВА ТАЇСІЯ,

здобувач вищої освіти,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: taisia.panteleeva2201@gmail.com

**СФЕРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ:
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ
ТА РОЛЬ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ У ЇХ ВИРІШЕННІ**

Сфера теплоенергетики України, будучи однією з ключових для забезпечення базових потреб населення, зіткнулася з безпрецедентними викликами через війну. Центральні і місцеві органи державної влади зосереджені на виконанні надважливих завдань забезпечення економіки і населення тепловою енергією, що являється однією з ключових умов стабільності суспільства в соціальній та економічній сферах. Попри це, стан як теплової енергетики в цілому, так і сфери споживання теплової енергії зокрема, мають ряд проблем, що позначаються на рівні державної енергетичної і національної безпеки.

Значну частину цих проблем можна пояснити недоліками державного регулювання в цілому, та недостатнім впровадженням цифрових технологій зокрема.

Метою наукової розвідки є встановлення найважливіших проблем державного регулювання у сфері теплоенергетики України в умовах воєнного стану та ролі діджиталізації у їх вирішенні.

Першою слід вказати проблему недосконалості правової бази для роботи в умовах воєнного стану. На рівні законодавства України не було передбачено чітких механізмів оперативного реагування у випадку масштабного руйнування критичної інфраструктури. Наприклад, питання

відновлення зруйнованих тепломереж чи аварійного постачання тепла і нині вирішуються без належної координації.

Має місце, наприклад, невідповідність тарифного законодавства реаліям війни. Поточний підхід до формування тарифів не повною мірою враховує потреби перебування в екстрених умовах. Згідно з прогнозом у базовому сценарії, до 2030 року загальне споживання теплової енергії зросте до 271 млн Гкал, що становить понад 15 % збільшення порівняно з базовим роком. Для забезпечення очікуваного попиту за будь-якого варіанту перебігу подій, враховуючи сучасні реалії, пріоритетним напрямом розвитку систем генерації, транспортування та розподілу тепла має стати зменшення залежності від природного газу. При цьому ключовим фактором формування структури виробництва теплової енергії у 2030 році стане порівняльна вартість її виробництва на основі різних джерел [1, с. 2–3]. Війна загострила конфлікт між необхідністю покривати витрати енергетичних підприємств та доступністю тарифів для населення. Це ставить державу перед дилемою: субсидіювати галузь чи залишити споживачів без тепла.

Основними споживачами теплової енергії в Україні є житлово-комунальний сектор і населення, які разом використовують близько 70 % теплової енергії, а також промисловість, на частку якої припадає близько 20 %. Інші галузі економіки споживають трохи більше 10 % теплової енергії. Забезпечення теплом економічних секторів та населення здійснюється через централізовані системи теплопостачання (ЦСТ), які охоплюють приблизно 60 % споживачів, а також системи індивідуального теплопостачання (СИТ). Останні включають різноманітні квартирні генератори тепла, такі як газові та електричні котли, конвектори, водонагрівачі й теплові насоси. Популярність індивідуального опалення зумовлена низькою якістю та високою вартістю послуг ЦСТ. До того ж, через використання газу власного видобутку за зниженими цінами та соціально низькі тарифи на електроенергію і паливно-енергетичні ресурси, вартість індивідуального теплопостачання для споживачів є більш доступною, ніж централізованого [2, с. 3].

Ситуацію ускладнюють значні втрати тепла в мережах ЦСТ на етапах транспортування й розподілу, що потребує чималих витрат на електроенергію, часті ремонти і ліквідацію аварій. Окрім цього, система тарифоутворення на теплову енергію, яка діє на етапі подачі тепла у мережу, не створює фінансових стимулів для модернізації тепломереж. Це призводить до низьких темпів їх оновлення.

Усі ці проблеми, які виникають через недоліки державного регулювання у сфері виробництва і постачання теплової енергії, сприяють їх поступовому накопиченню розбалансованості цієї важливої галузі економіки України.

Проблема відновлення теплоенергетики може бути вирішена лише за умови значних зусиль з боку держави, місцевої влади, бізнесу та міжнародних партнерів. Але для цього потрібні комплексні заходи. Зокрема:

1. Спрощення правових процедур. Необхідно вдосконалити кризове законодавство, яке дозволить швидко залучати ресурси, реалізовувати відновлювальні роботи та забезпечувати тимчасове теплопостачання.
2. Імплементация європейських стандартів. Використати найкращі практики, які вже довели свою ефективність у країнах ЄС [3, с. 12–13].
3. Посилення відповідальності. Держава має нести повну відповідальність за забезпечення теплопостачання громадян навіть у складних умовах.
4. Підготовка нового закону про відновлення критичної енергетичної інфраструктури. Цей закон має передбачати більш зручні процедури для відновлення теплових електростанцій, котелень та тепломереж, а також механізми співпраці з міжнародними донорами.
5. Реформа тарифного регулювання. Законодавство повинно враховувати кризові умови, запроваджуючи тимчасові тарифи або компенсаційні механізми для споживачів і підприємств.
6. Підтримка енергетичної децентралізації. Державна політика має стимулювати впровадження локальних систем теплопостачання, які є менш залежними від централізованих мереж і менш вразливими до руйнувань.

Ефективність реалізації зазначених заходів значною мірою залежить від діджиталізації цієї сфери: цифровізації фізичних та бізнесових процесів; повній цифровізації всіх технологічних ланцюгів у частині операційних процесів; формуванні «розумних мереж» з використанням штучного інтелекту (ШІ); всебічному впровадженні діджитал-технологій з метою прогнозування та моделювання теплоенергетичних технологічних процесів [4], модернізації технологічного устаткування, гнучкості управлінських систем теплоенергетичної інфраструктури на основі цифровізації [5; 6].

Теплоенергетика є життєво важливою галуззю, яка під час війни зіткнулася з новими викликами. Комплексний підхід до вирішення проблем є ключовим інструментом для забезпечення її сталого розвитку. Війна виступає стимулом для побудови нових, більш прогресивних підходів до державного регулювання цієї галузі. Головна проблема полягає у відсутності системного підходу до управління у надзвичайних ситуаціях. Війна чітко показала, що ця сфера потребує не лише фінансових ресурсів, але й якісної правової бази та широкої діджиталізації, як основи підвищення ефективності управління від відновлення об'єктів до захисту прав споживачів.

Список використаних джерел:

1. Корчміт О. Ю. Державне регулювання енергоефективності сфери теплопостачання в Україні. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2011. № 12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur_2011_12_16 (дата звернення: 18.11.2025).
2. Війна в Україні веде до енергетичної кризи чи трансформації галузі. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/enerhetychna-kryza-chy-transformatsiya-haluzi/33119314.html> (дата звернення: 19.11.2025).
3. Системи централізованого теплопостачання. URL: <https://ndc-ipr.org/analytics/post/derzhavne-regulyuvannya-investicijnoyi-diyalnosti-> (дата звернення: 19.11.2025).
4. Домбровська Т. Секторальні тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору. *Економіка та суспільство*. 2023. (50). DOI: 10.32782/2524-0072/2023-50-22 (дата звернення: 20.11.2025).
5. Saliuk-Kravchenko O. The role of digital transformation processes in the management of the state's energy sector. *Philosophy and Governance*. 2025. 9 (13). DOI: 10.70651/3041-248X/2025.9.04 (дата звернення: 20.11.2025).
6. Матвєєва Ю., Опанасюк Ю., Желіба В., Богдан Е. Роль діджиталізації в управлінні енергетичною ефективністю та переході до вуглецево-нейтральної економіки. *Київський економічний науковий журнал*. 2024. (7). 96–104. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-7-14>.