

УДК 334.021

ГЛУЩЕНКО Я.І.^{1*}, ЧЕРНЕНКО Н.О.², КОРОГОДОВА О.О.³, МОІСЕЄНКО Т.Є.⁴

1* к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», e-mail: slavina.ivc@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7424-7829

2* к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ORCID ID: 0000-0003-1454-0369, e-mail: chernenkonatasha0@gmail.com

3* к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ORCID ID: 0000-0003-2338-365X, e-mail: korogodova.olena@gmail.com

4* к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ORCID ID: 0000-0002-2074-8062, e-mail: t.e.moiseenko@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0 ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ У КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження технологій Індустрії 4.0 у всі сфери економіки. **Метою статті** є визначення та систематизація напрямів впровадження інструментарію Індустрії 4.0 у комунальному секторі та розробка методико-теоретичних рекомендацій щодо оцінювання ефективності енергоощадних технологій. **Методика дослідження** полягає у розгляді сукупності факторів, що впливають на комплексну оцінку ефективності енергоощадних технологій, з використанням принципів багатокритеріальної оптимізації, а саме, принципу Парето-оптимального (ефективного) рішення. У процесі дослідження використано **методи**: діалектики, аналізу і синтезу, узагальнення, порівняння та систематизації. **Результати**: доведено першочерговість розв'язання питань енергоощадності у комунальному секторі України в умовах посилення російської агресії; наведено опис провідних технологій Індустрії 4.0, що вже використовуються та можуть бути використані ключовими економічними агентами у комунальному секторі; наведено перелік показників, які є маркерами ефективного впровадження енергоощадних технологій у комунальному секторі; проаналізовано результати реалізації державної цільової економічної програми енергоефективності та розвитку сфери виробництва енергоносіїв в Україні у 2017-2020 рр. **Наукова новизна та теоретична значущість отриманих результатів** міститься у тому, що на основі проведеного дослідження запропоновано комплексний підхід до оцінки ефективності (екологічної, технологічної, економічної, соціальної) інноваційних енергоощадних проектів за рахунок реалізації інструментарію Індустрії 4.0. Запропонований підхід полягає в оцінці впливу різних факторів на загальну ефективність інноваційного енергоощадного проекту, в тому числі оцінку можливих ризиків проекту та аналіз внутрішніх взаємозв'язків між цими факторами. Практична значущість статті полягає у розробленні та обґрунтуванні науково-практичних положень щодо до комплексної оцінки ефективності впровадження інноваційних технологій. Враховуючи складність ситуації, обумовленої військовою агресією РФ, і високий рівень капіталоемності процесів виробництва і передачі енергії, запропонована прикладна методика дозволяє визначити напрями та розробити конкретні управлінські рішення щодо підвищення енергоефективності та енергоощадності комунального сектору України.

Ключові слова: комунальний сектор; Індустрія 4.0; енергоощадність; ОСББ; ЖБК; житлово-комунальний сектор економіки; цифровізація; енергоефективність

Постановка проблеми

Індустрія 4.0 створює принципово нові можливості для всіх галузей економіки. На сучасному етапі управління технологічними процесами у хмарному середовищі, а саме: застосування адитивних технологій (3-D

моделювання, використання 3D-принтерів для проектування і виготовлення деталей, моделей, роботів, різних технічних пристроїв), використання штучного інтелекту з метою контролю обсягів споживання комунальних послуг, застосування технології блокчейн, хмарні обчислення, стали

ключовими факторами розробки та реалізації державної політики у сфері енергозабезпеченості та енергоощадності. Враховуючи, що комунальний сектор у вітчизняній економіці є вкрай важливим, але при цьому залишається досить енерговитратним, дослідження інструментів Індустрії 4.0, які можуть виступати драйверами його модернізації, підвищення його продуктивності та покращення якості послуг, обумовлюють необхідність та доцільність проведення даного дослідження. А також актуальності набуває пропонування переліку показників, які б виступали маркерами ефективного впровадження енергоощадних технологій у комунальному секторі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Енергоощадність як першочергове питання для національних економік викликає зацікавленість серед зарубіжних і вітчизняних учених. Так, організаційно-економічний механізм формування енергоефективної моделі розвитку національної економіки запропонований Д.М. Скрипником [1]. У роботі [2] М.О. Круцяк розробив модель прогнозування попиту на вітчизняному ринку електричної енергії на підставі аналізу соціально-економічних показників. І.В. Гончарук [3] виконав моделювання та прогнозування рівня енергетичної незалежності агропромислового комплексу України на засадах сталого розвитку. Впровадження енергоощадної системи теплопостачання і термомодернізації у будівлях комунального сектору пропонується у роботі І.П. Радько, В.А. Наливайко, О.В. Окушко, Є.О. Антіпова [4]. Техніко-економічні аспекти енергоощадності при реконструкції систем опалення наведено у публікації О.Т. Возняк, В.М. Желих, Ю.С. Юркевич [5]. Також зазначені питання розглядаються у попередніх публікаціях авторів цієї статті [6, 7, 8, 9]. Питання впровадження енергоощадної системи теплопостачання і термомодернізації у будівлях комунального сектору розкриті у роботі А.В. Жильцова, М.Т. Лута та ін. [10]. Однак незважаючи на велику кількість публікацій, що відбивають сучасний стан наукових досліджень у зазначеній площині, зазначимо, що наявний методичний

інструментарій ще не в повній мірі відповідає сучасним потребам комунального сектору. Таким чином, є потреба у проведенні відповідних наукових досліджень щодо ефективності енергоощадних передових технологій для енергозабезпечення комунального сектору економіки країни з визначенням економічних, технологічних, екологічних та соціальних ефектів.

Формулювання мети статті

Метою статті є визначення та систематизація напрямів впровадження інструментарію Індустрії 4.0 у комунальному секторі та розробка методико-теоретичних рекомендацій щодо оцінювання ефективності енергоощадних технологій.

Виклад основного матеріалу

Індустрія 4.0 як прояв Четвертої промислової революції включає найважливіші елементи: кіберфізичні системи (автоматизація та роботизація), розумне виробництво (розумні транспортні засоби, технології машинного навчання), інтернет речей, великі дані (аналіз Big Data), адитивні технології (3-D), нанотехнології, блокчейн, штучний інтелект, 5G.

Кіберфізичні системи дозволяють поліпшити виробничі процеси, забезпечуючи в реальному часі обмін даними між такими елементами, як промислове обладнання, логістичні процеси, системи управління бізнесом і клієнтами. У комунальному секторі, енергетиці - кіберфізичні системи дозволяють автоматично моніторити, а також контролювати весь процес, включаючи адаптацію виробництва під поточні потреби клієнтів. Так, компанія Toshiba [11] використовує кіберфізичні системи у проєкті віртуальної електростанції. В її конструкції передбачені ІТ-рішення для координації роботи розподілених джерел енергії та використання ресурсів. Інформаційні технології дозволяють оптимізувати енергоспоживання системи, а також прогнозувати цей показник у найближчому майбутньому, забезпечуючи максимальну ефективність роботи станції.

Розумне виробництво у майбутньому дозволить підприємствам комунального сектору удосконалюватися та модернізуватися самостійно з мінімальною

участю людини. Бізнес-процеси, логістика, виробничі цикли постійно будуть оптимізуватися в автономному режимі. На основі аналізу великих обсягів даних можна буде передбачити ймовірність поломки елемента системи або цілого пристрою, і замінити компонент ще до того, як він повністю вийде з ладу.

Приклад такого розумного заводу – Siemens Electronic Works в Амберзі, Німеччина. Участь людини тут зведена до мінімуму, а розумна система самостійно стежить за функціонуванням 1,6 млрд компонентів. Вона ж встановлює норми виробництва та керує логістичними потоками [12]. Також показовим є приклад компанії INTERPIPE, яка входить у десятку експортерів безшовних труб у світі. Завдяки цифровій трансформації вдалось на 15% збільшити загальну ефективність обладнання, на 29% зріс показник дотримання дати відвантаження, до 95% зріс показник виконання плану замовлень. Предиктивні технології передбачають проблему зі значним випередженням. Предиктивне обслуговування обладнання (Internet of Things, Mobile Apps) за допомогою встановлення 18000 датчиків, що знімають 2500000 показників на хвилину дозволило запобігти 397 аварій тільки за пів року [13].

Промисловість України є одним із суттєвих споживачів енергії (40% паливно-енергетичного балансу) [14] та й основним джерелом викидів парникових газів. В умовах імпортозалежності від майже усіх паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та первинних енергоносіїв для їхнього виробництва, а також постійного підвищення їх вартості, питання енергоефективності виробництва та заощадливого споживання стає з кожним роком все більш актуальним [15].

Отже, здатність швидко збирати та обробляти велику кількість енергетичних даних – ознака сучасного підходу до енергоменеджменту, який потребує встановлення сучасної системи енергомоніторингу на основі **Інтернету речей** (IoT), а саме: інтелектуальних лічильників, датчиків, аналізаторів даних, що об'єднуються у мережу через Інтернет (5G) або за допомогою бездротових технологій, включаючи WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN. Дані, що надходять з лічильників, вказують співробітникам на ділянки

виробничих ліній або інші енергоспоживчі системи, де можна оптимізувати використання ПЕР.

Енергетичні компанії дуже чутливі до кібератак, будь-який «цифровий напад» може призвести до втрати даних, порушення процесів і зупинки виробництва. Враховуючи ці складнощі, енергетичним компаніям потрібні гарантії цифрової безпеки, модернізація програмного забезпечення або розробка спеціальних технічних засобів. Отже, **Big Data** [16] це збір, передача, зберігання, обробка (перетворення, обчислення, аналіз) даних, візуалізація і використання інформації в різних напрямках людської діяльності, включаючи енергетику (особливо атомну, враховуючи її небезпечність). Використовуючи інформацію, засновану на обробці Big data для підвищення безпеки атомної енергетики, можна використовувати структуровану інформацію про відмову роботи обладнання та інциденти на різних АЕС, інформація про які зберігається в міжнародних і національних базах даних.

Аддитивні технології в енергетиці застосовуються для створення високоточних прототипів (на 3D-принтерах), складних кінцевих деталей та конструктивних елементів енергетичного обладнання й систем енергопостачання. Їх перевага у можливості проектувати й виробляти вироби складної форми, знижувати вагу виробів, використовувати інноваційні, екологічно безпечні матеріали, контролювати якість та створювати продукцію енергетичного сектора за допомогою 3D-сканування й спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє прискорити та оптимізувати виробничий процес [17].

Нанотехнології також вносять суттєвий внесок у розв'язання проблем енергетики [18]. Перспективним напрямом застосування нанотехнологій в комунальному секторі є роботи з поліпшення абсорбційних властивостей традиційних сонячних панелей з використанням кремнію або створення нових видів покриття з полімерних плівок. Широкого застосування нанотехнології та наноматеріали отримують у процеси перетворення первинних видів енергоресурсів в інші види енергії, в тому числі в електроенергію. В електроенергетиці передбачається застосування покриттів з

наноречовини в турбінах, паливних елементах. Можна досягти підвищення ємності електричних батарей, акумуляторів і конденсаторів за рахунок застосування наноелементів при створенні. Затрат енергії можна, в перспективі, уникнути за рахунок застосування в системах електропередачі вуглецевих провідників з добавками наноелементів. Нові моделі виробництва та розподілу електроенергії через децентралізовані мережі та використання квантового кабелю дозволить підвищити продуктивність електрики, оскільки не буде втрачатися багато енергії у вигляді тепла, при її транспортуванні [18].

Ще одним інструментом Індустрії 4.0, що активно застосовується в електроенергетиці, є **технологія блокчейн**. Вона дозволяє прибрати посередників серед постачальників енергії, що покращить ефективність торгівлі енергією та її розподіл, а також, використання зазначеної технології, може зробити процес купівлі та споживання енергії більш зручним й зрозумілим для користувачів.

Як зазначається фахівцями [19], первинне розміщення токенів паралельно із венчурним інвестуванням та прямими інвестиціями стає все більш популярним способом залучення коштів для реалізації проектів реформування електроенергетики. Зазначені проекти спрямовані на удосконалення процесу управління інформаційними потоками між виробником і споживачами, що по суті й дозволяє реалізувати технологія блокчейну. Використовуючи технологія “розумних контрактів” автоматизуються транзакції (P2P-з'єднання), які не вимагають участі посередників, і моментальні грошові платежі між учасниками ринку. Блокчейн-платформи дозволяють згрупувати учасників ринку, здійснити оптові закупівлі електроенергії, і, таким чином, підвищити економічну ефективність угод, пов'язаних із купівлею та продажем електроенергії. Накопичення і систематизація інформації щодо попиту у режимі реального часу підвищує якість прогнозування, особливо у моменти пікового навантаження, і балансує не тільки економічні показники, а й технологічні процеси [20].

В умовах воєнного стану в Україні, енергетичним компаніям важливо аналізувати дані про споживання енергії користувачами та власне виробництво електроенергії. Швидкість аналізу даних і отриманих

результатів впливає на можливість визначення компаніями проблемних питань і векторів розвитку. Подібний аналіз складно проводити без залучення **штучного інтелекту**. Зазначена технологія допомагає оптимізувати виробництво, скоротити відходи та зробити послуги більш рентабельними [19]. Система "віртуального помічника енергетика" реалізується в Україні в рамках проекту стартапа a-Gnostics, використовуючи широкі можливості науки про дані (Data science) та машинне навчання (Machine learning, як один із типів **штучного інтелекту**) [21]. Ця система дозволяє оптимізувати витрати на електроенергію промислових споживачів. Це стало актуальним через появу в Україні нового ринку електроенергії, який передбачає, що всі учасники даного ринку повинні прогнозувати погодинне споживання електроенергії на добу вперед. Завдяки цьому, українські енергетики можуть робити прогноз та заявки на закупівлю електроенергії за декілька хвилин. Раніше такий процес займав декілька годин [22]. Це інструмент, який здатен зробити ефективним і виробництво, і споживання енергії.

Отже, світові тенденції наголошують, що потреба в електроенергії, природному газі та воді зростає вдвічі. Підвищення попиту на електроенергію також зумовлено збільшенням кількості електромобілів у всьому світі. Точно передбачити майбутнє неможливо, однак, цифрова економіка потребуватиме надійних і доступних комунальних послуг.

Ще одним напрямом, який потрібно розглянути з позицій інструментарію Індустрії 4.0 у комунальному секторі, є використання **мобільних технологій**. Зазначені технології об'єднують людей (смартфонами користуються майже 5,8 млрд людей в усьому світі – 80% населення планети) [23], якісно впливають на конкурентоспроможність, підвищують ефективність роботи і змінюють спосіб життя в цілому. Це є частиною цифрової трансформації. Не стала виключенням і житлово-комунальна галузь. Аби успішно пристосуватися до мобільного ринку, енергетичним компаніям доводиться впроваджувати цифрові інновації. Тому можна очікувати створення нових продуктів і послуг, орієнтованих на значне покращення взаємодії зі споживачами.

Активність застосування “розумного” обладнання тісно взаємопов’язана із розвитком комунікаційних мереж. Якщо застосування сучасних моделей лічильників, датчиків, розумних пристроїв дозволяє ефективно організувати збір даних, то їх передача в режимі реального часу відбувається саме за допомогою телекомунікаційних мереж. П’яте покоління (5G) мобільних мереж може забезпечити надійний зв’язок між пристроями та користувачами, охоплюючи їх максимально з подальшою перспективою збільшення обсягів інформації, що обробляється [24].

Варто зазначити, що енергетична криза, спричинена російською агресією, спонукає побутових споживачів по всьому світу залишати централізовані енергетичні мережі, переходячи на використання вітряної та сонячної енергії, а також нових технологій зберігання енергії. Тобто, швидкий розвиток Індустрії 4.0 становить загрозу зростанню централізованого ринку електроенергії. Саме тому сфера житлово-комунальних послуг, яка має дуже залежну від енергоринку наявну інфраструктуру повинна адаптуватися для впевненого функціонування в майбутньому. Провідні комунальні підприємства починають створювати інфраструктуру нового покоління – цифрову енергетичну мережу, що є складовою єдиної системи електропостачання. Енергетична мережа сприятиме розвитку нових бізнес-моделей і допоможе трансформувати наявні робочі процеси компаній під потреби цифрової економіки.

Прогнозується, що традиційні енергетичні компанії, нові та наявні споживачі будуть використовувати ІТ-інструменти для прогнозування попиту і пропозиції електроенергії в реальному часі, експлуатації інтелектуальних мереж і впровадження інновацій у процеси взаємодії зі споживачами. Перенесення процесів керування енергосистемою на цифрову платформу має сприяти швидкому розв’язанню проблем з нестабільними генераціями, передачами, розподілом та роздрібним продажем електроенергії, допоможе довести відповідність законодавчим, екологічним та іншим вимогам.

Енергетична галузь, будучи стратегічно важливою складовою економіки України та

провідним постачальником комунальних послуг населенню, в даний час характеризується низькою енергоефективністю через масові атаки та обстріли всієї енергетичної структури країни, спостерігається значний знос, руйнування та неможливість швидкого відновлення енергетичного обладнання.

Слід враховувати, що найближчим часом (рік або декілька років) у сфері видобутку, транспортуванні та споживанні енергоресурсів відбудуться зрушення у зв’язку з виходом із ладу зношених та зруйнованих технічних енергетичних систем України. У зв’язку з цим заміна фізично зруйнованого та/або морально зношеного обладнання повинна здійснюватися із застосуванням енергоощадних технологій при виробництві та передачі енергії. Наявні в енергетиці провідні світові технології Індустрії 4.0 представлені в (табл. 1).

З огляду на аналіз (табл. 1) варто зазначити думку Нобелівського лауреата з хімії Р. Смоллі, до 2050 року «людство має припинити безглузде транспортування палива (вугілля, нафти, природного газу) по всій планеті, слід навчитися передавати енергію у вигляді «енергії», тобто електроенергії. Для цього потрібно створити глобальне «сховище» енергії у вигляді сітки (із сотень мільйонів з’єднаних один з одним енергетичних сайтів), що дозволить найбільш ефективним чином перерозподіляти потоки електричної енергії» [26]. Освоєння енергоощадних технологій при виробництві та передачі енергії вимагає значних капіталовкладень, це обумовлює важливість їх оцінки та встановлення їх ефективності (екологічної, технологічної, економічної, соціальної).

Системний підхід до оцінки ефективності інноваційних енергоощадних проектів полягає в оцінці впливу різних факторів на комплексну ефективність інноваційного енергоощадного проекту, в тому числі, оцінці можливих ризиків проекту та аналізі внутрішніх взаємозв’язків між факторами. Незважаючи на те, що економічні показники ефективності є визначальними при оцінці та відборі проектів, але вони не є достатніми.

Таблиця 1

Провідні енергетичні технології Індустрії 4.0.
складено на базі [25]

Нові технології Індустрії 4.0. <i>(при виробництві енергії)</i>	Нові технології Індустрії 4.0. <i>(при споживанні енергії)</i>
<ul style="list-style-type: none"> → теплові електростанції, що використовують викопні види палива, обладнані технологіями уловлювання, поглинання та зберігання емісій парникових газів; → атомні електростанції нового покоління (з реакторами типу III+, що відрізняються новими еволюційними та революційними змінами або впровадження нового покоління реакторів IV, які будуть мати рівень підвищеної безпеки та мінімальні ризики для довкілля, що пов'язані зі зберіганням радіоактивних відходів); → ландшафтні та прибережні вітряні електростанції; → інтегровані комбіновані енергоустановки з газифікацією біомаси; → сонячні фотоелектричні установки прямого перетворення енергії; → концентровані сонячні енергетичні станції; → ТЕС з обладнанням на ультрависокі параметри пару; → енергетичні установки із використанням біопалива другого покоління. 	<ul style="list-style-type: none"> → енергоощадні технології у житлово-комунальному господарстві та енергоспоживанні: теплові насоси, сонячні водо- та повітрянагрівачі. → енергоощадні транспортні технології; → електричні та гібридні транспортні засоби; → водневі транспортні засоби, перехід на водень та диверсифікацію палива; → використання промислових електрорухових систем.

У зв'язку з цим слід оцінювати, зокрема, соціальні результати здійснення проектів, такі як: зміну структури виробничого персоналу; зміну кількості робочих місць; зміну умов праці працівників; зміну надійності забезпечення населення регіонів паливом та енергією.

Щодо екологічних результатів реалізації енергоощадних технологій під час виробництва та передачі енергії слід оцінювати: зміну шкідливих викидів у довкілля; зміну кількості забруднених стоків; зміну структури джерел енергоресурсів (частка відновлюваних та невідновлюваних). Соціальні, екологічні та інші складники комплексної ефективності, що не піддаються вартісної оцінки, розглядаються як додаткові

показники ефективності та враховуються при ухваленні рішення щодо реалізації того чи іншого проекту.

Аналізування всіх факторів, що впливають на комплексну оцінку ефективності енергоощадних технологій, а також розгляд ризиків, що супроводжують ці проекти, може бути здійснено за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації, а саме, принцип Парето-оптимального (ефективного) рішення, тобто серед енергоощадних інноваційних технологій обирати варто найкращі рішення серед ефективних. Перелік показників, які є маркерами ефективного впровадження енергоощадних технологій у комунальному секторі представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Енергоощадні технології та їх ефективність під впливом Індустрії 4.0
складено на базі [27]

ЕФЕКТИВНІСТЬ			
ЕКОНОМІЧНА	ЕКОЛОГІЧНА	ТЕХНОЛОГІЧНА	СОЦІАЛЬНА
<ul style="list-style-type: none"> 1) зниження собівартості енергії через економію витрат виробництва; 2) поліпшення використання ресурсів; 3) скорочений термін окупності інвестицій. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) зниження шкідливих викидів; забруднених стоків; 2) поліпшення екологічності продукції; 3) підвищення ергономічності виробництва; 4) диверсифікація джерел енергоресурсів. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) підвищення економічності роботи обладнання; 2) покращення використання виробничих потужностей; 3) підвищення надійності; 4) зменшення енергоємності обладнання. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) підвищення безпеки та умов праці; 2) покращення умов праці; 3) підвищення кваліфікації працівників.

Прикладом реалізації енергозабезпеченості та заощадження у комунальному секторі України є розробка та реалізація державної цільової економічної програми енергоефективності та розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива у 2017-2020рр. Для реалізації програми для ОСББ/ ЖБК було обрано

уповноважені банки: ПАТ КБ “Приватбанк”, ПАТ “Ощадбанк”, ПАТ АБ “Укргазбанк”. Наведена на рис. 1 інформація свідчить, що найбільша сума теплих кредитів була виділена саме у перший рік реалізації програми (2017 р. - 832436,1 тис. грн), і фінансування здійснювалось більшою мірою для ОСББ/ЖБК отримали через ПАТ КБ “Приватбанк”.

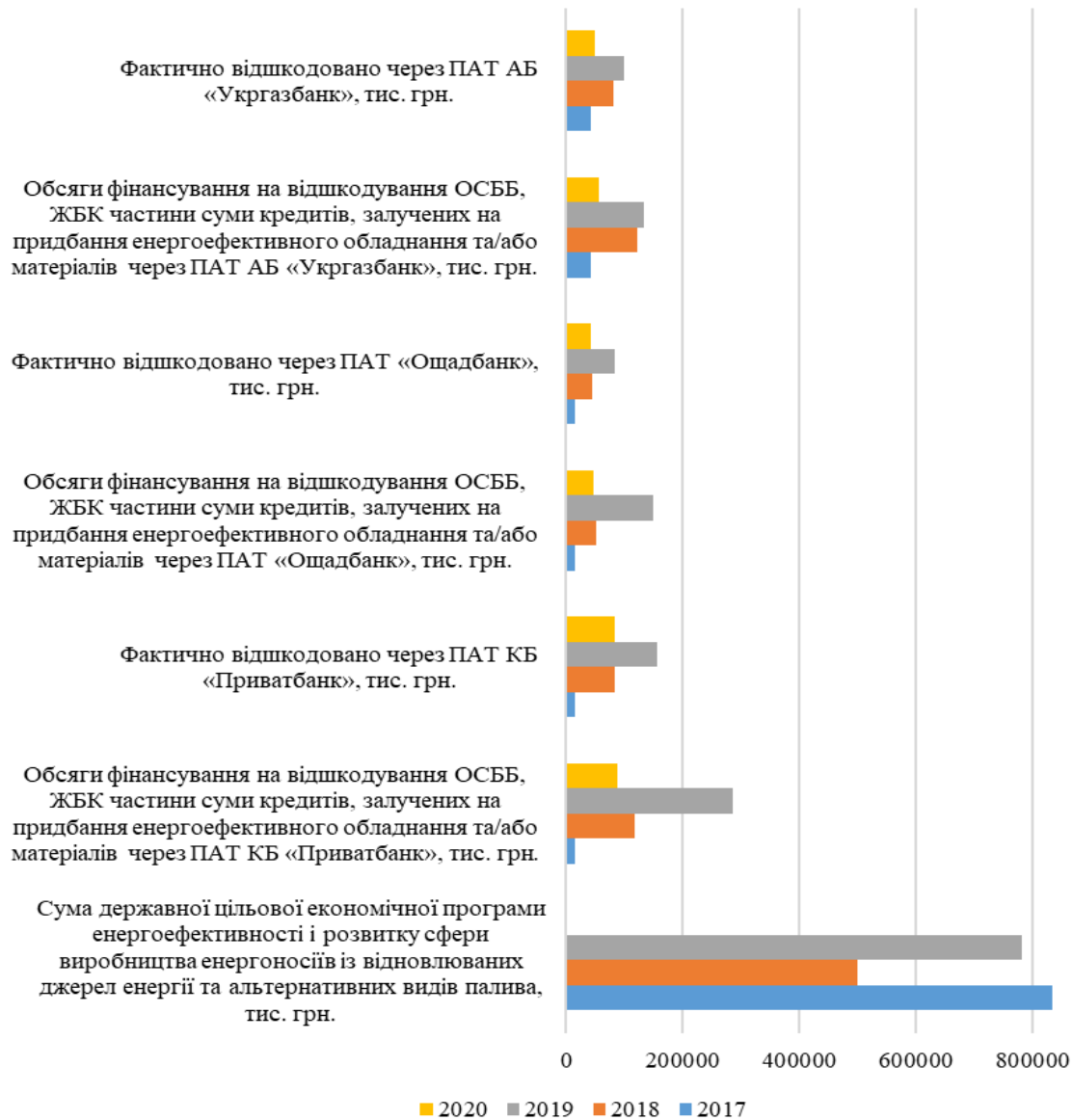


Рис. 1. Характеристика параметрів державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива в Україні за 2017-2020 рр.

складено на основі [28]

Якщо розглянути динаміку кількості ОСББ/ЖБК, в яких було впроваджено енергоефективні заходи (табл. 3), то слід відзначити, що найбільш інтенсивна

реалізація державної програми відбувалася у 2019 році. При цьому, спостерігається розрив між затвердженими і фактичними показниками.

Таблиця 3

Динаміка кількості ОСББ/ ЖБК, в яких впроваджено енергоефективні заходи, од.

складено на основі [28]

Рік	Затверджено паспортом бюджетної програми			Фактичні результативні показники, досягнуті за рахунок касових видатків (наданих кредитів)		
	за загальним фондом	за спеціальним фондом	разом	за загальним фондом	за спеціальним фондом	разом
2017	502	397	899	363	312	675
2018	2727	0	2727	1594	0	1594
2019	4752	0	4752	2508	0	2508
2020	1854	0	1854	1199	0	1199

Процеси цифровізації у реаліях сьогодення впливають на всі сфери діяльності людини, у тому числі і на комунальний сектор. Важко вже уявити процеси передачі і обробки інформації стосовно обсягів споживання, нарахувань і оплати комунальних послуг без мобільних додатків. Наприклад, у Києві використовуються мобільні додатки таких суб'єктів, як: ГК “Нафтогаз України”, АТ “Київгаз”, ДТЕК “Київські електромережі”, “Київтеплоенерго”, КП “Комунсервіс”, Yasno “Київські енергетичні послуги”, Київводоканал, “Цифрал сервіс” та досить великої кількості ОСББ [29].

Важливим аспектом покращення взаємовідносин між споживачами і підприємствами, що надають комунальні послуги, є налагодження комунікацій за допомогою не тільки мобільних додатків, а й соціальних мереж. Використання соціальних мереж для проведення опитування, з'ясування основних побажань споживачів дозволяє не тільки превентивно впливати на виникнення конфліктних ситуацій, а й побудувати конструктивні та взаємовигідні відносини, що дозволить підвищити якість надання послуг, своєчасність їх оплати.

Висновки

Узагальнення технологій Індустрії 4.0. для забезпечення енергоощадності комунального сектору надає можливість визначити й систематизувати основні пріоритети

промислового розвитку. Авторами визначено, що в умовах посилення російської агресії питання енергоощадності у комунальному секторі України мають першочергове значення. Наведено опис провідних технологій Індустрії 4.0, що вже використовуються та можуть бути використані ключовими економічними агентами у комунальному секторі країни. У статті запропоновані рекомендації щодо оцінки ефективності енергоощадних передових технологій Індустрії 4.0, що враховують економічний, технологічний, екологічний і соціальний ефекти при енергозабезпеченні комунального сектору економіки країни. Авторами запропоновано розглядати сукупність факторів, які впливають на комплексну оцінку ефективності енергоощадних технологій, з використанням принципів багатокритеріальній оптимізації, а саме, принципу Парето-оптимального (ефективного) рішення. У статті зазначається, що з низки енергоощадних інноваційних технологій обирати варто найкращій серед найефективніших. Авторами також наголошено, що додатковий ефект від залучення технологій Індустрії 4.0. проявляється у можливості покращувати комунікації між учасниками взаємодії комунального сектору за рахунок впровадження мобільних додатків та використання соціальних мереж для

інформування клієнтів, споживачів комунальних послуг та отримання швидкого зворотнього зв'язку від них. Проведений аналіз результатів реалізації державної цільової економічної програми енергоефективності та розвитку сфери виробництва енергоносіїв в Україні у 2017-2020рр. указує на подальшу доцільність впровадження заходів енергоощадливості через ОСББ/ЖБК.

Подальші дослідження цієї роботи будуть присвячені зайнятості в Індустрії 4.0

відповідно до національного пріоритету, що має враховувати перспективні види діяльності та сектори національної економіки, як військово-промисловий комплекс, агропромисловий комплекс, агробізнес та аграрні біотехнології, інноваційні виробництва з високою часткою доданої вартості, інфраструктуру та житлово-комунальне господарство, машинобудування й транспорт, а також ІТ-сектор.

HLUSHCHENKO YA.I.^{1*}, CHERNENKO N. O.², KOROHODOVA O.O.³, MOISEIENKO T.IE.⁴

1* PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, ORCID ID: 0000-0002-7424-7829, e-mail: slavina.ivc@gmail.com

2* PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, ORCID ID: 0000-0003-1454-0369, e-mail: chernenkonatasha0@gmail.com

3* PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, ORCID ID: 0000-0003-2338-365X, e-mail: korogodova.olena@gmail.com

4* PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, ORCID ID: 0000-0002-2074-8062, e-mail: t.e.moiseenko@gmail.com

INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES TO ENSURE ENERGY SAVING IN THE UTILITY SECTOR

The study's **significance** is determined by the need to implement Industry 4.0 technologies in all sectors of the economy. The **goal** of this article is to define and systematize the directions for implementing Industry 4.0 tools in the utility sector, as well as develop methodological and theoretical recommendations for assessing the effectiveness of energy-saving technologies. The **research methodology** consists of factors impacting the comprehensive assessment of the effective energy-saving technologies while applying multi-criteria optimization principles, particularly the Pareto-optimal (efficient) solution. The **methods** of dialectics, analysis and synthesis, generalization, comparison and systematization were used in the **research process**. **Results:** emphasized the need of handling energy saving matters in the Ukrainian utility sector in context of escalating aggression from Russia; described the major Industry 4.0 technologies that the utility sector's most important economic players are already using or can use. The results of the implementation and operation the state target economic program of energy efficiency as well as development of the Ukrainian energy production sector in 2017-2020 were analyzed. A list of indicators that are markers of effective implementation of energy-saving technologies in the utility sector is provided. **The scientific novelty and theoretical significance of the obtained results:** the research was conducted using a complete approach to the assessment of innovative energy-saving technologies due to the use of Industry 4.0 tools. This comprehensive approach included consideration of efficiency (environmental, technological, economic, and social). The suggested approach entails evaluating the effects of various factors on the overall effectiveness of the innovative energy-saving program, including the review of potential project risks and the examination of internal connections between these factors. **The article's practical value** concentrates in the formulation and demonstration of scientific and practical provisions concerning the complete assessment of the efficacy a new technologies implementation. Taking into account the complexity of the situation caused by the Russian Federation's military aggression and the high level of capital intensity of energy production and transmission processes, the proposed applied methodology allows to determine the directions and develop specific management solutions to increase energy efficiency and energy saving of the Ukrainian utility sector.

Keywords: utility sector; Industry 4.0; energy saving; Condominiums; Housing Cooperatives; housing and utility sector of the economy; digitization; energy efficiency

Keywords: development management, railway transport, efficiency, innovation, investment activity

REFERENCES

1. Skrypnyk D.M. (2021). *Organizational and economic mechanism of forming an energy efficient model of national economy development*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 073 - Management. Sumy National Agrarian University, Sumy. 203p., available at: https://science.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/Diss_SkrypnykD.pdf [in Ukrainian].
2. Krutsyak M. O. (2018). Forecasting demand on the domestic electricity market on the basis of the results of social and economic indicators dynamics analysis. *Ekonomichnyy analiz*. Vol. 28. No. 3. p. 37-46, available at: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/download/1557/6565656649> [in Ukrainian].
3. Honcharuk I. (2020). Modeling and forecasting the level of energy independence of the agro-industrial complex of Ukraine on the basis of sustainable development. *Efektivna ekonomika*. Vol. 10, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8254> [in Ukrainian].
4. Radko, I. P., Nalyvaiko, V. A., Okushko, O. V., Antipov, Ye. O. (2021). Implementation of an energy-saving system of heat supply and thermomodernization of educational and production buildings as a way of increasing energy efficiency and energy saving. *The modern movement of science: theses of the reports of the XIII International scientific and practical internet conference*. (p. 254). October 18-19, 2021. Ukraine, FOP Marenichenko VV–Dnipro. [in Ukrainian].
5. Vozniak O. T., Zhelykh V. M., Yurkevych Yu. S. (2011). Technical and economic aspects of energy saving during the reconstruction of heating systems. *Energy efficiency in construction and architecture*. No. 1. p. 151-157. [in Ukrainian].
6. Chernenko N. O., Hlushchenko Ya. I., Korohodova O.O., Moiseienko T. Ye. (2022). Temporal-retrospective analysis of the development of the utility sector and the use of energy in it. *Academy review*, no. 2 (57), p. 233-248. [in Ukrainian].
7. Korohodova O. O., Chernenko N. O., Hlushchenko Ya. I., Moiseienko T. Ye. (2022). Retrospective savings in the utility sector of individual countries. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*. No. 23, p. 45-56, available at: doi.org/10.20535/2307-5651.23.2022.264628 [in Ukrainian].
8. Korohodova O. O., Moiseienko T. Ye., Hlushchenko Ya. I., Chernenko N. O. (2022). The impact of megatrends on the share of energy in the utility sector of individual countries. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*, no. 22, available at: doi.org/10.20535/2307-5651.22.2022.259796 [in Ukrainian].
9. Korohodova O. O., Moiseienko T. Ye., Hlushchenko Ya. I., Chernenko N. O. (2022). Analysis of the attractiveness of renewable energy in certain countries. *Time description of economic reforms*, no 3(47). p. 74–82, available at: <https://doi.org/10.32620/cher.2022.3.10> [in Ukrainian].
10. Zhylytsov A.V., Lut M.T., Nalyvaiko V.A., Radko I.P., Mishchenko A.V., Antypov Ye.O., Okushko O.V. (2021). *Automated modular heat points for heat supply systems of university buildings*: monograph. K.: «Vydavnychiy tsentr NUBIP Ukrainy», 365 p. [in Ukrainian].
11. *Technology & IIOT*. Industry week, available at: <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/21959512/the-dawn-of-the-smart-factory>
12. *Digitale Transformation: Mit gutem Beispiel voran*. News Siemens, available at: <https://new.siemens.com/de/de/unternehmen/stories/industrie/elektronik-digitalenterprise-zukunftstechnologien.html>
13. Fedak M. (2020). *Final conference of the aCampus project - report*. APPAU, available at: <https://appau.org.ua/tk-185/zaklyuchna-konferentsiya-proektu-acampus-zvit/> [in Ukrainian].
14. *The paradox of the Fourth Industrial Revolution: executive summary* (2018). Deloitte. 10 October, available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html>
15. Nesterenko M. (2021). *Industry 4.0, the Internet of Things and energy management: how it works*. UBR. 1 December, available at: <https://ubr.ua/ukraine-and-world/technology/industriji-40-internet-rechej-ta-enerhetichnij-menedzhment-jak-tse-pratsjuje-4010012> [in Ukrainian].
16. *Digitalization in energy - opportunities and technologies* (2019). Avenston. 28 October, available at: <https://avenston.com/articles/digitalization-in-the-energy-sector/> [in Ukrainian].
17. *Disruptive technologies in economy and business (EU experience and practice of the Ukraine in the light of the Industries 3.0, 4.0 and 5.0)* (2020): study guide. Edited by L. H. Melnyk and B. L. Kovalov. Sumy : Sumskiy derzhavnyi universytet, 180 p. [in Ukrainian].
18. *Nanotechnology*. Research Institute of Ecology and Alternative Energy of the University “UKRAINE”, available at: <https://ieae.uu.edu.ua/nanotehniologii/> [in Ukrainian].
19. *Artificial intelligence, blockchain, big data. What IT innovations does the energy industry need?* (2020). Energy club. 26 February, available at: <https://iclub.energy/energyconsortium/innovation/tpost/16brdvk4en-shtuchni-ntelekt-blokchein-big-data-yak> [in Ukrainian].
20. *10 ways to apply artificial intelligence and machine learning in energy companies* (2018). SAP. 11 October, available at: <https://news.sap.com/ukraine/2018/10/how-to-use-ai-ml/> [in Ukrainian].

21. Novak I., Pokotylenko R. (2019). *Employment in Industry 4.0: defining national priorities*. ZN.ua 25 January, available at: https://zn.ua/ukr/macrolevel/zaynyatist-v-industriyi-4-0-viznachayemo-nacionalni-prioriteti-300710_.html [in Ukrainian].
22. MHP: artificial intelligence improves the work of energy workers (2020). *Ekonomichna pravda*. 3 August, available at: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/08/3/663660/> [in Ukrainian].
23. *Digital transformation of energy and housing and communal services: myth or reality* (2018). SAP. 16 May, available at: <https://news.sap.com/ukraine/2018/05/utilities-digital-transformation/> [in Ukrainian].
24. Sukhodolya O. M. (2022). *Artificial intelligence in energy: analyst. report (2022)*. K. : NISD, 49 p., available at: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09> [in Ukrainian].
25. *Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050* (2008). OECD. IEA, Paris, 644 p.
26. Richard E. Smalley (2005). *Science*. Vol. 310, p. 1916.
27. Kushnirenko O., Gakhovich N. (2020). The impact of Industry 4.0 technologies on structural transformation in the economy. *Economic Herald. Series: Finance, Accounting, Taxation*, no. 4. p. 63-73, available at: doi: 10.33244/2617-5932.4.2020.63-73 [in Ukrainian].
28. *Comprehensive performance research and economic efficiency of state target economic program of energy efficiency and development spheres of production of energy carriers from renewable resources sources of energy and alternative types of fuel for 2010-2020 according to the results of the survey of participants programs in 2016-2017*. Derzhenerhoefektyvnist ta HO «Ukrainskyi tsentr sotsialnykh reform», 2020, 34 p., available at: <https://sae.gov.ua/sites/default/files/Ocinka.pdf> [in Ukrainian].
29. *Payment of utility services*. Portmone.com, available at: https://www.portmone.com.ua/catalog/communal/kyiv?gclid=CjwKCAiA-dCcBhBQEiwAeWidtRKRLDA_TOUwway-35TbNZAJcUOGJb-ZMZ9Sn-KuqzBLh5KtFr9iNBoCbX0QAvD_BwE [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 17.12.2022
Received: 2022.12.17