

Розділ 9. Інноваційна діяльність

УДК 338.012

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СЕКТОРАХ ПОПИТУ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЕНЕРГІЇ

Бобров Є.А.

доктор економічних наук, кафедра національної економіки та фінансів, Університет економіки та права
«КРОК», м. Київ, вул. Табірна, 30-32, 03113, Україна,
тел.: (044)-455-57-07, e-mail.: ebobrov@meta.ua
ORCID: 0000-0002-7397-3132, DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2018-52-222-230>

INFLUENCE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND DIGITALIZATION IN THE SECTORS OF ENERGY DEMAND AND SUPPLY

Y. Bobrov

Doctor of Economics, Department of National Economy and Finance, «KROK» University,
Kyiv, st. Tabirna, 30-32, 03113, Ukraine
tel.: (044) -455-57-07, e-mail.: ebobrov@meta.ua
ORCID: 0000-0002-7397-3132, DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2018-52-222-230>

Анотація. Сучасна динаміка світових процесів в енергетичному секторі вимагає швидких змін і постійного вдосконалення. У цій статті описується сучасний стан цифрових технологій та оцифрування енергії, як вони впливають на енергетичні системи, що може статися в майбутньому, і що це все це означає для політиків, компаній та споживачів. Цифрові технології та оцифрування впливають на транспорт, будівлі та промисловість: транспорт стає розумнішим і більш зв'язаним, підвищуючи безпеку та ефективність. У автомобільному транспорті зв'язок забезпечує нові послуги з обміну мобільністю. У поєднанні з досягненнями в галузі автоматизації та електрифікації автомобілів, оцифрування може призвести до суттєвого, але невизначеного впливу енергії та викидів. У довгостроковій перспективі використання енергії у автомобільному транспорті може зменшитися приблизно вдвічі та більше, залежно від взаємодії між технологіями, політикою та поведінкою; едитація може зменшити загальне використання енергії в житлових та комерційних будівлях. Ці підвищення ефективності є найбільшими при нагріванні та охолодженні, особливо за допомогою використання інтелектуальних термостатів і датчиків. Розумне освітлення дозволяє значно скоротити споживання електроенергії. Проте нові послуги та зручності, що виникають при цифруванні, а також більш широке використання резервного живлення на холостих пристроях та приладах, можуть компенсувати потенційні заощадження; промисловість довгий час використовує цифрові технології для підвищення безпеки та продуктивності праці. Цивілізація може призвести до подальшої істотної економії енергії за коротких термінів окупності шляхом вдосконалення технологічного контролю на промислових підприємствах та за межами заводу. Тривимірне (3D) друк, машинознавство та покращений зв'язок можуть мати ще більший вплив. Цифрові технології та енергетика є складною і постійно розвивається темою. Таким чином, ця стаття не є остаточною та вичерпною. Цифрові технології допомагають підвищити безпеку, продуктивність, доступність і стійкість енергетичних систем у всьому світі, але вони також створюють нові ризики для безпеки та конфіденційності. Це призводить до мети цього дослідження.

Ключові слова: оцифрування, економіка, енергетика, цифрові технології.

Формули: 0, рис.: 2, табл.: 0, бібл.: 18

Annotation. The current dynamics of world processes in energy sector require to quick change responding and continuous improvement. In this article describes the current status of digital technologies and digitalization in energy, how they are affecting energy systems, what might happen in the future and what all this means for policy makers, companies and consumers. Digital technologies and digitalization is having a major impact on transport, buildings and industry: Transport is becoming smarter and more connected, improving safety and efficiency. In road transport, connectivity is enabling new mobility sharing services. Combined with advances in vehicle automation and electrification, digitalization could result in substantial but uncertain energy and emissions impacts. Over the longer term, road transport energy use could either drop by about half or more than double, depending on the interplay between technology, policy and behavior; Digitalization could cut total energy use in residential and commercial buildings. These efficiency gains are largest in heating and cooling, particularly through the use of smart thermostats and sensors. Smart lighting allows

for potentially substantial cuts in lighting electricity demand. However, new services and comforts brought about by digitalization – as well as greater use of standby power by idle devices and appliances – could offset potential savings; Industry has been using digital technologies for a long time to improve safety and productivity. Digitalization could lead to further significant energy savings with short payback periods through improved process controls within industrial plants and beyond the plant fence. Three-dimensional (3D) printing, machine learning and enhanced connectivity could have an even bigger impact. Digital technologies and energy is a complex and constantly evolving topic. As such, this article is not definitive and exhaustive. Digital technologies are help to increase the security, performance, availability and sustainability of energy systems around the world, but they also create new risks for security and confidentiality. This leads to the purpose of this research.

Key words: digitalization, digital technology, economy, energy.

Formulas: 0, **fig.:** 2, **tabl.:** 0, **bibl.:** 18

Постановка проблеми. Впродовж найближчих десятиліть цифрові технології будуть робити енергетичні системи в усьому світі більш пов'язаними одна з одною, розумними, ефективними, надійними та стійкими. Приголомшливий прогрес у використанні даних, аналітики та підключенні дає змогу створювати нові прикладні програми для смарт-пристроїв, спільної мобільності (спільні поїздки, спільне використання велосипедів та автомобілів (bike&carsharing) тощо), тривимірний друк (3D). Цифрові енергетичні системи в майбутньому зможуть визначити, хто потребує енергії та доставляти її в потрібний час в потрібне місце і за найменшою ціною.

Оцифрування (digitalization) вже покращує безпеку, продуктивність, доступність та стійкість енергетичних систем. Проте оцифрування підвищує ризики безпеки та конфіденційності. Воно також змінює ринки, підприємства та зайнятість. З'являються нові та витісняють старі, іноді багатовікові, бізнес-моделі.

Бізнесмени, керівники підприємств та акціонери все частіше стикаються з новими складними проблемами, часто з неповною або недосконалою інформацією. До цього слід додати надзвичайно динамічний характер енергетичних систем, які постійно будуються, існуючу фізичну інфраструктуру та активи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальні питання, пов'язані із аналізом впливу цифрових технологій та оцифрування в промисловості, на транспорті, в енергетиці, вивчали М. Аннунзіата [1], С. Абуелсаміда [2], М. Цотелера [3], Л. Фултона [4], Й. Грозінгера [5], Н. Хорнера [6], Р. Хуанга

[7-9], Ц. Кофода [10], В. Ларсона [11], Е. Масанета [12], С. Піе [13], Й. Ціммера [14-15].

Відсутність концептуального та стратегічного бачення проблеми аналізу впливу цифрових технологій та оцифрування в економіці в майбутньому є важливим завданням в розробці сучасного методологічного підходу до мінімізації негативного впливу на розвиток економіки в цілому.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є розкриття впливу цифрових технологій та сучасних трендів в секторах видобування, виробництва та споживання енергії, того як відбувається переформатування цифрового вигляду енергетичного сектора.

Виклад основного матеріалу дослідження. Останні технічні досягнення та тенденції є справді вражаючими: цифрові дані значно зростають – інтернет-трафік за останні п'ять років збільшився втричі. Близько 90% даних у світі сьогодні були створені протягом останніх двох років [16]. Зареєстрована кількість мобільних абонентів перевищує фізичну кількість людей на Землі.

Це експоненціальне зростання призвело до використання все більш великих одиниць виміру. Так, наприклад, загальний річний обсяг Інтернет-трафіку перевершив екзабайт поріг (10^{18} байт) у 2001 році, а у 2017 році перевищив порогове значення зетабайт (10^{21} байт) [17].

Постійне розгортання технологій, падіння витрат і широкі можливості до підключення дозволяють використовувати нові моделі виробництва та споживання енергії. Оцифрування підтримує потенціал будувати нові архітектури

взаємопов'язаних енергетичних систем, включаючи ліквідацію традиційних меж між попитом та пропозицією. Вплив цих величезних цифрових досягнень та їх швидке розгортання в енергетичному секторі піднімає питання про нову цифрову еру в економіці загалом, і в енергетиці, зокрема, та нові тенденції в них.

Енергетичний сектор був одним з перших споживачів цифрових технологій. У 1970-х роках енергетичні інфраструктурні одиниці були одними з піонерів у використанні нових технологій для полегшення управління електричною мережею та експлуатації. В нафтогазовому секторі компанії вже давно використовують цифрові технології для моделювання розвідки та видобування.

Сьогоднішні фінансові ринки, інвестиційні тенденції та цифрові порушення в інших секторах свідчать про всезагальне оцифровування та значну взаємодію цифрових та енергетичних секторів. П'ять найбільших за ринковою капіталізацією акціонерних компаній – це компанії, пов'язані з інформаційно-комунікаційними технологіями. Енергетичні компанії, в свою чергу, залишаються світовими лідерами за рівнем доходів: 6 з 10 провідних компаній знаходяться в енергетичному секторі [18].

Цифрові технології вже широко використовуються в секторах кінцевого споживання енергії з прицілом на широкомасштабне впровадження потенційно трансформованих технологій, таких як автономні машини, інтелектуальні системи домашнього господарства та машинне навчання. Незважаючи на те, що ці технології можуть підвищити ефективність, деякі можуть також викликати ефекти зворотного характеру, що збільшать загальне використання енергії.

Цифрові технології за межами енергетичного сектору, такі як електронна комерція, електронна матеріалізація (електронні книги, DVD-диски для потокового відео) та робота на телебаченні, можуть також змінювати моделі використання енергії за допомогою

різноманітних ефектів заміщення, відновлення тощо.

На рисунку 1 представлено взаємозв'язок між величиною потенціального впливу та бар'єрами оцифровування.

Цифрові технології та програми стикаються з різноманітними перешкодами для адаптації та використання, а їх вплив на використання енергії розрізняється у секторах попиту.

Тенденції та стратегії оцифровування, включені до цього рисунку, не є вичерпними. Показник «Величина потенційного впливу на енергетичний попит» вказує на потенційний вплив оцифровування на попит на енергію в абсолютному вимірі, що може бути позитивним чи негативним. Показник «Бар'єри для оцифровування» включає компоненти технологічного, регуляторного та громадського сприйняття. Квадрати призначені для відчуття відносної величини.

У *транспортному* секторі автомобілі, вантажні автомобілі, літаки, кораблі, поїзди та їх допоміжна інфраструктура стають все більш розумними та більш пов'язаними, підвищуючи безпеку та ефективність. Цифрові технології можуть мати значний вплив на автомобільний транспорт, де зв'язок та автоматизація можуть суттєво змінити мобільність. Разом з цим загальний чистий вплив на використання енергії є дуже невизначеним. У довгостроковій перспективі, за сприятливих умов, підвищення ефективності завдяки автоматизації та спільних поїздок (carsharing), споживання енергії може вдвічі знизитися у порівнянні з поточним рівнем. І навпаки, якщо поліпшення ефективності не буде реалізовано, ефект відмови від автоматизації призведе до значного збільшення кількості поїздок, і, відповідно, споживання енергії.

У *будівлях* цифрові технології можуть допомогти скоротити споживання енергії приблизно на 10%, завдяки використанню даних в реальному часі для підвищення ефективності роботи.



● Транспорт ● Будівлі ● Промисловість

Рис. 1. Потенційний вплив цифрових технологій на транспорт, будівлі та промисловість

Джерело: складено автором

Інтелектуальні термостати можуть передбачати поведінку мешканців (на основі минулого досвіду) та використовувати прогнози погоди в режимі реального часу, щоб краще прогнозувати потреби в опалюванні та охолодженні. Розумне освітлення може забезпечити більше, ніж просто світло, коли і де це потрібно; світлодіоди також можуть включати датчики, пов'язані з іншими системами, наприклад, допомагаючи адаптувати послуги опалення та охолодження.

У промисловості багато компаній мають значний досвід використання цифрових технологій для підвищення безпеки та збільшення виробництва. Додаткові економічно вигідні заощадження енергії можуть бути досягнуті завдяки вдосконаленню автоматизації процесу виробництва, а також шляхом поєднання інтелектуальних датчиків та аналітичних даних для прогнозування відмови обладнання. Використання тривимірного друку (3D), навчання машин і доступ до мережі можуть мати ще більший вплив. Наприклад, використання тривимірного друку при будівництві літаків дозволяє зменшувати вагу деталей літаків і, відповідно, обсяг палива для польоту.

Енергетичні компанії – постачальники енергії вже багато років впроваджують цифрові технології, які допомагають збільшити видобуток викопних ресурсів, вдосконалювати виробничі процеси, зменшувати витрати та підвищувати безпеку.

На рисунку 2 представлено взаємозв'язок між величиною потенційного впливу та бар'єрами оцифрування.

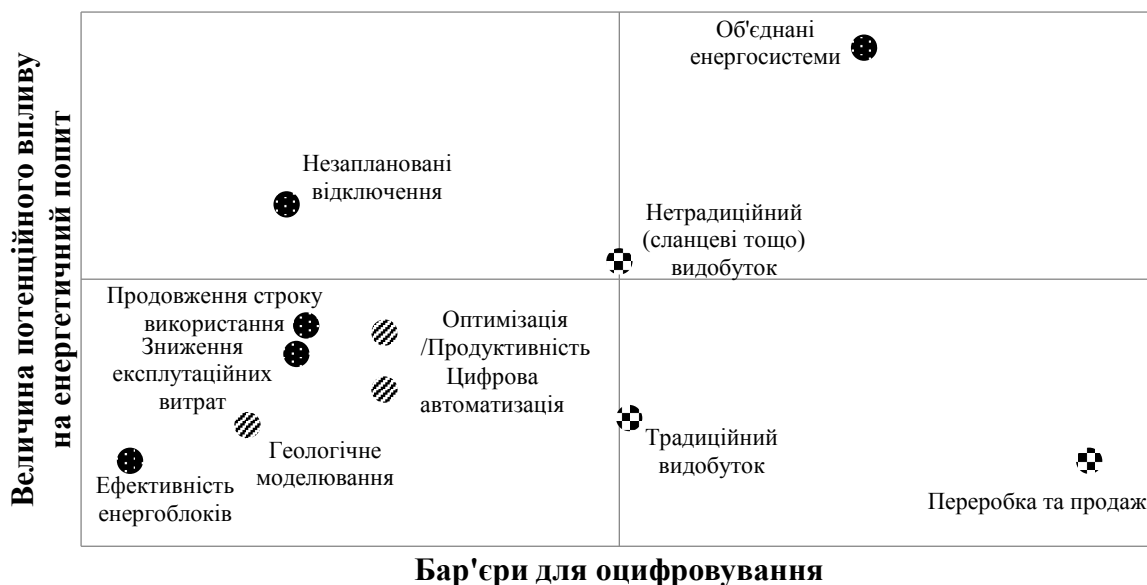
Величина впливу на продуктивність та ефективність відрізняється в різних галузях постачання енергії. Тенденції та стратегії оцифрування, включені до цього рисунку, не є вичерпними. Показник «Величина потенційного впливу» вказує на загальний потенційний вплив цифрових технологій на продуктивність та ефективність. Показник «Перешкоди для оцифрування» включає технологічні, фінансові, регуляторні та громадські аспекти сприйняття.

Нафтова та газова промисловість давно використовує цифрові технології, особливо у видобувному секторі (upstream), і має значні потенційні можливості для їх подальшого розширення. Широке використання цифрових технологій може знизити витрати на видобуток від 10% до 20%, зокрема шляхом вдосконалення обробки сейсмічних даних, використання

датчиків та вдосконалення моделювання покладів корисних копалин. Технологічно видобувні ресурси нафти і газу можуть збільшитися приблизно на 5% в усьому світі, причому очікується це більшою мірою у видобутку сланцевого газу.

У *вугільній промисловості* цифрові технології все більше використовуються в геологічному моделюванні, оптимізації процесу, автоматизації, прогнозованому

обслуговуванні та поліпшенні здоров'я та безпеки працівників. Конкретні приклади: вантажні автомобілі без водіїв, віддалені системи управління обладнанням (teleremote control systems). Загальний вплив цифрових технологій у вугільному секторі, проте, може бути більш скромним, ніж у інших секторах.



Нафтогазова галузь
 Вугільна галузь
 Електроенергетика

Рис. 2. Потенційний вплив цифрових технологій на нафтогазову, вугільну, енергетичну галузь

Джерело: складено автором

У *електроенергетиці* завдяки використанню цифрових технологій потенційно можна заощадити близько \$80 мільярдів щороку, або близько 5% загальних річних витрат на виробництво електроенергії. Це може бути досягнуто за рахунок зниження експлуатаційних витрат та витрат на технологічне обслуговування, покращення ефективності роботи енергоблоків та мережі, зменшення позапланових відключень та простоїв, а також збільшення терміну експлуатації обладнання. Одним із прикладів використання сучасних цифрових технологій є використання безпілотних апаратів, щоб контролювати тисячі кілометрів ліній електропередач у важкодоступній місцевості.

На сьогоднішній день найбільший трансформаційний потенціал для цифрових технологій – це його здатність розбити кордони між енергетичними секторами, збільшити гнучкість та забезпечити інтеграцію по всій системі. Енергетичний сектор є основою цієї трансформації, де цифрові технології розмивають різницю між виробництвом і споживанням та дозволяють використовувати чотири взаємопов'язані можливості:

Інтелектуальна реакція на попит (smart demand response) може забезпечити гнучкість електроенергетичної системи в обсязі до 185 ГВт, що приблизно еквівалентно встановленій потужності електропостачання в Австралії та Італії. Це може заощадити до \$270 мільярдів інвестицій в нову електричну

інфраструктуру. Тільки в житловому секторі 1 мільярд домогосподарств та 11 мільярдів «розумних» приладів могли б активно взаємодіяти у взаємопов'язаних електричних мережах, що дозволило б цим домашнім господарствам та пристроям коригувати свій попит, коли вони отримують електроенергію з мережі.

Цифрові технології можуть допомогти інтегрувати відновлювані джерела енергії, що мають нестабільне виробництво електроенергії, пристосовуючи електричні мережі, щоб вони краще відповідали попиту на енергію в той час, коли світить сонце та дує вітер. Лише в Європейському Союзі збільшення рівня використання цифрового зберігання даних та відповідного реагування на електроенергетичний попит з боку «розумних» пристроїв, що підтримують цифровий зв'язок, може допомогти знизити падіння інвестицій у сонячну та вітроенергетику з 7 до 1,6% у 2040 році, та уникнути збільшення викидів двоокису вуглецю у 30 мільйонів тонн до 2040 року.

Розробка та впровадження інтелектуальних технологій заряджання електромобілів може допомогти змінити заряджання до тих періодів, коли потреба в електроенергії є низькою, а пропозиція є достатньою. Це дозволить забезпечити додаткову гнучкість в енергосистемі та заощадити від \$100 мільярдів інвестицій у нову інфраструктуру електроенергії протягом 2018-2040 років.

Цифрові технології можуть сприяти розвитку розподілених енергоресурсів, таких як побутова панель сонячних батарей та сховища енергії, шляхом створення стимулів та полегшення виробникам зберігання та продажу надлишкової електроенергії в електричну мережу. Нові інструменти, такі як блокчейн (blockchain), можуть допомогти сприяти рівній торгівлі електроенергією у місцевих енергетичних спільнотах.

Цифрові технології, які роблять можливим усі вище перераховані потенційні переваги, також можуть використовувати енергію. Оскільки мільярди нових «розумних» пристроїв

підключатимуться протягом найближчих років, і будуть отримувати електроенергію з мережі, водночас підвищуючи попит на використання енергії центрами обробки даних та мережевих послуг. Тим не менш, стійке зростання енергоефективності може, в цілому, контролювати зростання попиту на енергію центрами обробки даних та мережами.

Центри обробки даних в усьому світі протягом 2015 року спожили близько 194 ТВт·г електроенергії або близько 1% від загального обсягу попиту. Незважаючи на те, що робоче навантаження на інформаційні центри до 2020 року збільшиться мінімум втричі, споживання енергії, як очікується, зросте лише на 3% завдяки постійному зростанню ефективності.

Мережі передачі даних, які є основою цифрового світу, в усьому світі протягом 2015 року спожили близько 185 ТВт·г, або ще 1% від загального обсягу попиту, при цьому обсяги мобільних мереж складають близько двох третин попиту. Залежно від майбутніх зусиль по впровадженню заходів з енергоефективності і, відповідно, тенденцій, які будуть сформовані, до 2021 року споживання електроенергії мережами передачі даних може збільшитися на 70% або скоротитись до 15%. Цей великий діапазон підкреслює важливу роль політики по впровадженню енергоефективних заходів.

Конфіденційність та володіння даними також є серйозною проблемою для споживачів, особливо через те, що детальні дані постійно збираються із всезростаючої кількості підключених до мережі пристроїв та програмного забезпечення (mobile app). Наприклад, дані про використання енергії у домогосподарствах, зібрані за допомогою інтелектуальних лічильників, можуть бути використані для того, щоб дізнатись, коли хтось є вдома і які пристрої при цьому використовуються. У той же час агреговані та анонімні дані окремих енергоспоживачів можуть покращити розуміння енергетичних систем, таких як профілі навантаження, і допомогти знизити витрати для окремих споживачів. Регулюючим

органам в найближчому майбутньому необхідно буде збалансувати конфіденційність з іншими цілями, які включають заохочення інновацій та операційні потреби комунальних послуг.

Цифрові технології також впливають на робочі місця та навички в різних галузях енергетики, змінюють моделі роботи та задачі. Вони утворюють нові можливості працевлаштування в одних областях та галузях, одночасно створюючи втрати в інших. Регулятори у сфері енергетики повинні брати участь у широкому обговоренні урядових питань щодо цих наслідків та способів реагування на них.

Регуляторна політика та будова ринку є надзвичайно важливими для того, щоб керувати цифровими енергетичними системами на ефективному, безпечному, доступному та стабільному рівні. Наприклад, цифрові технології можуть допомогти забезпечити електроенергію більше 1 мільярду людей, які все ще не мають доступу до неї. Нові цифрові інструменти можуть сприяти сталості, включаючи супутники для перевірки викидів парникових газів та технологій відстеження забруднення повітря на рівні районів.

Процес розробки регуляторної політики також може мати вигоду з більш своєчасного та складного збору та публікації енергетичних даних, що полегшить доступ до цифрових даних. Недорогі цифрові інструменти, що з'явилися на ринку сьогодні, такі як онлайн реєстри, пошукові роботи (web crawler/spider) та коди швидкого реагування (QR code), можуть сприяти більш цілеспрямованим та чутливим режимам регулювання.

В найближчі роки буде надзвичайно важко забезпечити надійні оцінки використання енергії цифровими технологіями. Безпосереднє використання енергоресурсів у довгостроковій перспективі буде відбуватися разом із тенденціями до зростання попиту на дані та збереженням ефективності.

Хоча цифрові технології можуть принести багато позитивних переваг, вони

також можуть зробити енергетичні системи більш вразливими до кібератак. На сьогоднішній день перебоїв в енергетичних системах спричинені кібератаками, порівняно невеликі. Однак, кібернапади стає все простіше і дешевше організувати. Більш того, зростання сектору Інтернет-речей (IoT) збільшує потенціальну «площину» для кібератак в енергетичних системах.

Повне запобігання кібератакам неможливе, але їх вплив може бути обмеженим, якщо країни та компанії будуть добре підготовлені. Створення системної стійкості залежить від усіх суб'єктів та зацікавлених сторін, перш за все знаючи про існуючі ризики. Цифрова стійкість повинна бути включена в дослідження та розробки технологій, а також вбудована в політику та ринкову структуру.

Зусилля на міжнародному рівні також можуть допомогти урядам та компаніям у створенні можливостей для забезпечення цифрової стійкості. Різноманітні організації, що беруть участь у цьому процесі, вже сьогодні ознайомлюють із своїми порівняльними перевагами в процесі обміну найкращими практиками та політикою, а також для сприяння впровадженню цифрової стійкості при формуванні енергетичної політики.

Висновки. Цифрові технології сьогодні характеризуються зростаючим попитом на використання інформаційних та комунікаційних технологій у всій економіці, включаючи сектори попиту та пропозиції енергії.

Тенденції до збільшення використання цифрових технологій активізуються завдяки значному прогресу в обробці даних, аналітики та зв'язку:

- збільшення обсягів даних завдяки зниженню витрат на датчики та зберігання даних;
- швидкий прогрес у поглиблених аналітичних дослідженнях, таких як машинне навчання (machine learning);
- більша здатність підключення людей та пристроїв, а також швидка та дешева передача даних.

Цифрові технології допомагали вдосконалювати енергетичні системи протягом десятиліть, але темпи їх застосування прискорюються. Так глобальні інвестиції в цифрову інфраструктуру та програмне забезпечення електроенергії за останні роки збільшуються на 20% щорічно.

Цифрові технології мають значний вплив на транспорт, будівлі та споруди, промисловість: транспорт стає розумнішим і більш пов'язаним, з підвищеною безпекою та ефективністю; енергоспоживання у будівлях знижується й стає раціональним; в промисловості спостерігається підвищення безпеки та продуктивності праці, вдосконалення технологічного контролю, економія енергії, впровадження нових технологічних рішень.

Енергетичні компанії вже багато років впроваджують цифрові технології, які допомагають збільшити видобуток викопних ресурсів, вдосконалювати виробничі процеси, зменшувати витрати та підвищувати безпеку.

Вбачається, що для досягнення максимальних переваг цифровими технологіями та вирішення проблем, що виникають, включаючи кібербезпеку, конфіденційність даних та втрати робочих місць, в майбутньому необхідно стане розробка відповідної галузевої та міжгалузевої політики.

Література:

1. Annunziata M. et al. (2016). Powering the Future: Leading the Digital Transformation of the Power Industry. GE.
2. Abuelsamid S., Alexander D., and Jerram L. (2017). Navigant Research Leaderboard Report: Automated Driving. www.navigantresearch.com/wp-assets/brochures/LB-NGBC-16-Executive-Summary.pdf.
3. Cotteller M., and Joyce J. (2014). “3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth”. <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/deloitte-review/issue-14/dr14-3d-opportunity.html>.
4. Fulton L., Mason J., and Meroux D. (2017). Three Revolutions in Urban Transportation. Davis, CA. <https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/05/ITDP-3R-Report-v6.pdf>.
5. Grözinger J., et al. (2017). “Optimising the energy use of technical building systems – unleashing

the power of the EPBD’s Article 8”. Ecofys, www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-optimisingthe-energy-use-of-tbs-final-report.pdf.

6. Horner N. C., Shehabi A., and Azevedo I. L. (2016). “Known unknowns: Indirect energy effects of information and communication technology.” *Environmental Research Letters*, 11(10), 103001.

7. Huang R. (2016). A Multi-Scale Life Cycle Framework for the Net Impact Assessment of Additive Manufacturing in the United States. Northwestern University.

8. Huang R., et al. (2017). “Cost minimization in metal additive manufacturing using concurrent structure and process optimization”. *Proceedings of the ASME 2017 International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference IDETC2017*. <http://vdel.me.cmu.edu/publications/2017dac/paper.pdf>.

9. Huang R., et al. (2016). “Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: the case of lightweight aircraft components”. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.109>.

10. Kofod C. (2016). Smart Lighting – New Features Impacting Energy Consumption First Status Report. IEA 4E Solid State Lighting Annex Task 7. http://ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0085/SSL_Annex_Task_7_-_First_Report_-_6_Sept_2016.pdf.

11. Larson W., and Zhao, W. (2017). “Telework: Urban form, energy consumption, and greenhouse gas implications”. *Economic Inquiry*, 55(2), 714–735. <http://doi.org/10.1111/ecin.12399>.

12. Masanet E., et al. (2017). “Leveraging smart system technologies in national energy data systems: Challenges and opportunities”. *Energy and Economic Growth State-of-Knowledge Paper Series; working paper*.

13. Pye S. and Dobbins, A (2015). “Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: Analysis of policies and measures”. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/INSIGHT_E_Energy%20Poverty%20-%20Main%20Report_FINAL.pdf.

14. Zimmer J. (2016). The Third Transportation Revolution Lyft’s Vision for the Next Ten Years and Beyond. <https://medium.com/@johnzimmer/the-third-transportation-revolution-27860f05fa91>.

15. Zimmer J., and Green, L. (2017). Lyft Climate Impact Goals. <https://blog.lyft.com/posts/2017/6/14/lyft-climate-impact-goals>.

16. Key Marketing Trends for 2017. IBM Marketing Cloud. www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=WRL12345USEN.

17. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021.

18. Fortune Global 500 List 2017. <http://fortune.com/global500>.

Reference:

1. Annunziata M. et al. (2016). Powering the Future: Leading the Digital Transformation of the Power Industry. GE.
2. Abuelsamid S., Alexander D., and Jerram L. (2017). Navigant Research Leaderboard Report: Automated Driving. www.navigantresearch.com/wp-assets/brochures/LB-NGBC-16-Executive-Summary.pdf.
3. Cotteller M., and Joyce J. (2014). “3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth”. <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/deloitte-review/issue-14/dr14-3d-opportunity.html>.
4. Fulton L., Mason J., and Meroux D. (2017). Three Revolutions in Urban Transportation. Davis, CA. <https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/05/ITDP-3R-Report-v6.pdf>.
5. Grözinger J., et al. (2017). “Optimising the energy use of technical building systems – unleashing the power of the EPBD’s Article 8”. Ecofys, www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-optimisingthe-energy-use-of-tbs-final-report.pdf.
6. Horner N. C., Shehabi, A., and Azevedo, I. L. (2016). “Known unknowns: Indirect energy effects of information and communication technology.” *Environmental Research Letters*, 11(10), 103001.
7. Huang R. (2016). A Multi-Scale Life Cycle Framework for the Net Impact Assessment of Additive Manufacturing in the United States. Northwestern University.
8. Huang R., et al. (2017). “Cost minimization in metal additive manufacturing using concurrent structure and process optimization”. Proceedings of the ASME 2017 International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference IDETC2017. <http://vdel.me.cmu.edu/publications/2017dac/paper.pdf>.
9. Huang R., et al. (2016). “Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: the case of lightweight aircraft components”. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.109>.
10. Kofod C. (2016). Smart Lighting – New Features Impacting Energy Consumption First Status Report. IEA 4E Solid State Lighting Annex Task 7. http://ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0085/SSL_Annex_Task_7_-_First_Report_-_6_Sept_2016.pdf.
11. Larson W., and Zhao W. (2017). “Telework: Urban form, energy consumption, and greenhouse gas implications”. *Economic Inquiry*, 55(2), 714–735. <http://doi.org/10.1111/ecin.12399>.
12. Masanet, E., et al. (2017). “Leveraging smart system technologies in national energy data systems: Challenges and opportunities”. Energy and Economic Growth State-of-Knowledge Paper Series; working paper.
13. Pye S. and Dobbins A (2015). “Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: Analysis of policies and measures”. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/INSIGHT_E_Energy%20Poverty%20-%20Main%20Report_FINAL.pdf.
14. Zimmer J. (2016). The Third Transportation Revolution Lyft’s Vision for the Next Ten Years and Beyond. <https://medium.com/@johnzimmer/the-third-transportation-revolution-27860f05fa91>.
15. Zimmer J., and Green L. (2017). Lyft Climate Impact Goals. <https://blog.lyft.com/posts/2017/6/14/lyft-climate-impact-goals>.
16. Key Marketing Trends for 2017. IBM Marketing Cloud. www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=WRL12345USEN.
17. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021.
18. Fortune Global 500 List 2017. <http://fortune.com/global500>.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2018 р.