

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ОСНОВА ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Розглянуто актуальну проблему цифровізації як основи підготовки інженерів-енергетиків у сучасних умовах енергетичного переходу. Зважаючи на глобальну та національну трансформацію енергосектору (розгортання Smart Grid, цифрових двійників, штучного інтелекту, IoT, систем накопичення енергії та децентралізованих мереж), формування інтегрованих цифрових компетентностей стає визначальним фактором конкурентоспроможності та готовності фахівців до реальних викликів галузі. Проаналізовано вплив цифровізації на зміст професійної підготовки, дефіцит цифрових навичок у випускників традиційних програм та необхідність переходу від знаннєво-орієнтованої до симуляційно-практичної, міждисциплінарної моделі освіти. Окреслено основні напрями вдосконалення освітнього процесу: інтенсивне використання віртуальних лабораторій та симуляторів, проєктно-орієнтоване навчання з реальними кейсами, інтеграція освітньої аналітики, цифрових двійників, партнерств з енергетичними компаніями та принципів безперервного навчання (lifelong learning). Визначено значення системної цифровізації освіти як ключового чинника забезпечення стійкості, декарбонізації та цифрової безпеки енергосистеми України, підвищення адаптивності випускників та прискорення післявоєнного відновлення енергетичного сектору.

Ключові слова: цифровізація освіти, підготовка інженерів-енергетиків, Smart Grid, цифрові двійники, віртуальні лабораторії, проєктно-орієнтоване навчання, вдосконалення освітнього процесу.

Abstract. The current issue of digitalisation as the basis for training power engineers in the modern conditions of energy transition is considered. Given the global and national transformation of the energy sector (the deployment of Smart Grid, digital twins, artificial intelligence, IoT, energy storage systems and decentralised networks), the formation of integrated digital competencies is becoming a determining factor in the competitiveness and readiness of specialists to meet the real challenges of the industry. The impact of digitalisation on the content of professional training, the lack of digital skills among graduates of traditional programmes, and the need to move from a knowledge-oriented to a simulation-based, practical, interdisciplinary model of education are analysed. The main directions for improving the educational process are outlined: intensive use of virtual laboratories and simulators, project-oriented learning with real cases, integration of educational analytics, digital twins, partnerships with energy companies, and the principles of lifelong learning. The importance of systematic digitalisation of education as a key factor in ensuring the sustainability, decarbonisation and digital security of Ukraine's energy system, increasing the adaptability of graduates and accelerating the post-war recovery of the energy sector is identified.

Keywords: digitalisation of education, training of power engineers, Smart Grid, digital twins, virtual laboratories, project-based learning, improvement of the educational process.

Вступ

Цифровізація стала визначальним фактором трансформації енергетичного сектору в усьому світі та в Україні зокрема. Згідно з прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, до 2035 року понад 80 % світового приросту електроенергії буде забезпечено відновлювальними джерелами, а цифрові двійники, штучний інтелект, IoT та системи накопичення енергії перетворюються на стандартну інфраструктуру сучасної енергосистеми. Цифровізація дозволяє оптимізувати виробництво, передачу та споживання енергії, підвищувати стійкість до аварій та кіберзагроз, знижувати втрати та прискорювати інтеграцію розподілених джерел енергії.

В Україні ці процеси набувають стратегічного значення через необхідність післявоєнного відновлення, децентралізації енергосистеми та досягнення енергетичної незалежності. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року передбачає зростання частки відновлювальних джерел до 27% у валовому кінцевому споживанні енергії, розвиток систем накопичення, водневих технологій та повну цифровізацію управління енергосистемою [9]. З 2022 року в країні встановлено понад 3 ГВт нової потужності ВДЕ, переважно сонячної, а децентралізована генерація (сонячні панелі на дахах, малі ГЕС, батареї) стала не лише екологічним, а й безпековим рішенням. Водночас повна цифровізація процесів (від моніторингу в реальному часі до прогнозування навантаження за допомогою ШІ) є обов'язковою умовою для інтеграції з європейським енергетичним ринком та виконання зобов'язань щодо відновлювальної енергетики.

Результати дослідження

У цих умовах підготовка інженерів-енергетиків не може обмежуватися традиційними знаннями про класичні енергетичні системи. Майбутні фахівці повинні володіти цифровими компетентностями на рівні, що дозволяє проєктувати, впроваджувати та експлуатувати цифровізовані енергетичні об'єкти: Smart Grid, цифрові двійники електростанцій, системи прогнозування та оптимізації за допомогою машинного навчання, кібербезпеку енергетичної інфраструктури, IoT-моніторинг розподілених ресурсів. Як свідчить аналіз публікацій [4-8], традиційна університетська освіта в галузі енергетики досі акцентована на вивчення фізичних процесів та класичних технологій, тоді як цифрові навички розвиваються фрагментарно. Це призводить до дефіциту готових фахівців, здатних працювати в реальних цифровізованих енергосистемах. Відтак, існує необхідність аналізу ролі цифровізації як основи сучасної підготовки інженерів-енергетиків та розробки підходів до її системного впровадження в освітній процес: інтеграція проєктно-орієнтованого навчання, віртуальних лабораторій, симуляцій Smart Grid, цифрових двійників, партнерств з енергетичними компаніями та використання державних платформ цифрової освіти. Такий підхід дозволить готувати не лише технічних спеціалістів, а й цифрово-орієнтованих інженерів, здатних забезпечити стале відновлення, декарбонізацію та цифрову стійкість енергосистеми України в умовах глобального енергетичного переходу.

Як свідчать результати досліджень [1-3], цифровізація в процесі підготовки інженерів-енергетиків має низку особливостей, які відрізняють її від традиційного підходу до освіти в цій галузі. Вона не є просто додаванням окремих цифрових інструментів, а являє собою системну трансформацію освітнього процесу, змісту програм, методів навчання та компетентнісної моделі випускника. Серед основних виокремлюємо:

1. Перехід від знаннєво-орієнтованої до компетентнісно-цифрової моделі підготовки. Традиційна освіта фокусувалася на фізичних принципах (термодинаміка, електротехніка, класичні ТЕС/ГЕС), натомість цифровізація передбачає формування інтегрованих цифрових компетентностей, зокрема формування вміння проєктування та експлуатації Smart Grid, створення та використання цифрових двійників енергетичних об'єктів, IoT-моніторингу розподілених ресурсів, забезпечення кібербезпеки енергетичної інфраструктури тощо.

2. Інтенсивне використання віртуальних та гібридних лабораторій. Реальні лабораторії з дорогим обладнанням (підстанції, турбіни, інвертори) стають недоступними або ризикованими (особливо в умовах війни). Тому наразі перспективними є симулятори Smart Grid (MATLAB/Simulink, PSCAD, ETAP, PowerFactory), цифрові двійники реальних об'єктів (наприклад, сонячних ферм чи підстанцій), хмарні платформи (Azure Digital Twins, Siemens MindSphere) для віддаленого доступу студентів тощо. Це дозволяє проводити експерименти в реальному часі, моделювати аварії та кризи без ризиків.

3. Проєктно-орієнтоване навчання з реальними кейсами. В цьому напрямку студенти працюють над завданнями, наближеними до практики (проєктування мікромереж для деокупованих територій, оптимізація гібридної системи ВДЕ, розробка систем реагування на попит у Smart Grid тощо), а партнерства з компаніями дозволяє отримати реальні дані та менторську підтримку фахівців.

4. Забезпечення інтердисциплінарності, оскільки сучасний енергетик це фахівець на стику енергетики на інших галузях, зокрема інформатики, кібербезпеки, економіки, екології тощо. Це вимагає оновлення ОПП з обов'язковими модулями «ІІІ в енергетиці», «Цифровізація Smart Grid», «Кібербезпека енергосистем».

5. Адаптація до викликів в Україні. Зазначений напрямок передбачає забезпечення стійкості енергосистеми за рахунок використання децентралізованих систем, впровадження захисту від кібератак та фізичних загроз, а також швидке розгортання цифрових рішень для відновлення після пошкоджень. Відтак, в процесі професійної підготовки майбутніх фахівців мають сформулювати відповідні навички для здійснення такої роботи.

Висновки

Цифровізація є невід'ємною та визначальною основою сучасної підготовки інженерів-енергетиків, що радикально змінює зміст, методи та результат професійної освіти в галузі. Аналіз глобальних та національних трендів показує, що майбутні фахівці енергетики мусять володіти не лише класичними технічними знаннями, а й високим рівнем цифрових компетентностей: проєктування та експлуатація Smart Grid, використання цифрових двійників, застосування ІІІ для прогнозування та оптимізації,

IoT-моніторинг, кібербезпека енергетичної інфраструктури, управління децентралізованими системами тощо. Традиційна університетська модель підготовки, орієнтована на фізичні принципи та централізовані системи, вже не відповідає вимогам ринку праці та реаліям енергетичного переходу. Цифровізація перетворює освіту на симуляційно-практичну, міждисциплінарну та стійку до криз: віртуальні лабораторії, цифрові двійники, проєктно-орієнтоване навчання з реальними кейсами та персоналізовані траєкторії дозволяють готувати фахівців до роботи в реальних цифровізованих енергосистемах уже на етапі навчання. В умовах України, де цифрова трансформація енергетики поєднується з необхідністю децентралізації, підвищення стійкості та швидкого відновлення після пошкоджень, ці підходи набувають стратегічного значення. Відтак, необхідним є оновлення ОПП, перехід на гібридну модель навчання з домінуванням віртуальних лабораторій та проєктної роботи, інтеграція освітньої аналітики для моніторингу цифрових компетентностей та персоналізації траєкторій, посилення дуальної освіти та стажування в компаніях, що впроваджують цифрові рішення тощо. Реалізація цих заходів дозволить сформувати покоління інженерів-енергетиків, здатних не лише адаптуватися до цифрової та зеленої революції, а й активно керувати нею. Це забезпечить стале відновлення енергосистеми України, досягнення цілей декарбонізації, енергетичну незалежність і конкурентоспроможність випускників на глобальному ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dembitska S, Kobylanska I, Kobylanskyi O., Kuzmenko O. Training of Technical Specialties for Work Protection Professional Activity According to the Requirements of the Transdisciplinary Approach. *Professional Pedagogics*. 2023. № 1(26). Pp. 110–121. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.26.110-121>.
2. Dembitska S., Kuzmenko O., Savchenko I., Demianenko V., Safronova A. Digitization of the Educational and Scientific Space Based on STEAM Education. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education. ICL 2023. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2024. vol 901. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53022-7_34.
3. Miastkovska M., Dembitska S., Puhach V., Kobylanska I., Kobylanskyi O. Improving the efficiency of students' independent work during blended learning in technical universities. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education. ICL 2023. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2024. vol 899. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51979-6_21.
4. Дембіцька С. В., Кобилянський О. В., Пугач С. С., Шостацька М. О., Кобилянська І. М. Підготовка фахівців із професійної освіти в умовах сучасних трансформацій: теорія та практика: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2025. 354 с.
5. Дембіцька С. В., Сіверт І. І. Вплив штучного інтелекту на еволюцію людських компетенцій. *Цифрова трансформація освіти: теоретико-методичні засади* : збірник мат. Міжнародної науково-практичної конф., присвяч. 70-річчю проф. В. П. Сергієнка (28 жовтня). Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2024. С. 101-102.
6. Дембіцька С. В. Особливості освітніх інновацій в контексті розвитку цифрового суспільства. *Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії* : зб. матер. V Всеукр. відкр. наук.-практ. онлайн-форуму, Київ, 20 вер. 2023 р. / за заг. ред. І. М. Савченко, В. В. Ємець. — Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. С.108-110.
7. Дембіцька С.В. Розвиток культури безпеки у здобувачів вищої освіти в умовах надзвичайних ситуацій. *Управління та адміністрування в умовах протидії гібридним загрозам національній безпеці*: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 22 листопада 2023 року). Київ: ДУІТ, ХНУРЕ, МНТУ. 2023. С. 791-794.
8. Дембіцька С.В., Кобилянська І. М. Розвиток професійної культури майбутніх фахівців технічних спеціальностей: інноваційні підходи та засоби. *Актуальні проблеми та перспективи технологічної і професійної освіти*. Матеріали VIII всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції – ТНПУ ім. В. Гнатюка, 25-26 квітня 2024 р. С. 59-61.
9. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25.06.2024 № 587-р. URL: <https://me.gov.ua/view/bb0b9ef5-ca96-4b8a-8f2f-471faf32c9df> (дата звернення: 03.03.2026).

Грогуль Андрій Сергійович – аспірант кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: grogulflash@gmail.com.

Кобилянський Олександр Володимирович – д. пед. н., професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: akobilanskiy@gmail.com.

Andrii Hrohul – Postgraduate Student, Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Email: grogulflash@gmail.com

Oleksandr Kobylianskyi – Doctor of Sciences (Pedagogical), Professor, Head of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, Email: akobilanskiy@gmail.com.