

ОСВІТА МАЙБУТНІХ ЕНЕРГЕТИКІВ В ЕПОХУ ЗЕЛЕНОГО ПЕРЕХОДУ ТА ЦИФРОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Розглянуто актуальну проблему модернізації підготовки фахівців в умовах глобального «подвійного переходу» - поєднання зеленої трансформації та цифрової революції в енергетиці. Зважаючи на радикальну зміну енергетичної парадигми, що характеризується відходом від централізованих викопних джерел до розосередженої генерації на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), впровадженням інтелектуальних систем управління (Smart Grid) та інструментів Industry 4.0/5.0, обґрунтовано необхідність формування нового типу професійної компетентності. Розвиток «гібридних» навичок, що охоплюють глибоку технічну експертизу, цифрову грамотність та екологічну відповідальність, визначено як критичну умову для сталого розвитку енергосектору. Проаналізовано виклики, пов'язані з невідповідністю традиційних освітніх програм стрімким темпам технологічного оновлення галузі. Окреслено інноваційні напрями вдосконалення підготовки: перехід до імерсивних методик навчання (VR/AR), використання хмарних платформ для моделювання енергосистем, впровадження міждисциплінарних проєктів та концепції навчання впродовж життя. Визначено, що системна інтеграція цифрових та екологічних доменів у освітній процес забезпечить підготовку адаптивних лідерів енергетичного переходу, здатних ефективно реагувати на виклики декарбонізації та енергетичної безпеки в епоху глобальних трансформацій.

Ключові слова: енергетичний перехід, цифрова революція, професійна компетентність, підготовка майбутніх енергетиків, зелена трансформація, цифрова енергетика, відновлювальні джерела енергії, інноваційна педагогіка, цифрові двійники, сталий розвиток.

Abstract. The article considers the pressing issue of modernising specialist training in the context of the global 'double transition' – the combination of green transformation and digital revolution in the energy sector. Given the radical change in the energy paradigm, characterised by a shift from centralised fossil fuel sources to distributed generation based on renewable energy sources (RES), the introduction of smart management systems (Smart Grid) and Industry 4.0/5.0 tools, the need to develop a new type of professional competence is justified. The development of 'hybrid' skills, encompassing deep technical expertise, digital literacy and environmental responsibility, is identified as a critical condition for the sustainable development of the energy sector. The challenges associated with the incompatibility of traditional educational programmes with the rapid pace of technological innovation in the industry have been analysed. Innovative areas for improving training are outlined: the transition to immersive teaching methods (VR/AR), the use of cloud platforms for modelling energy systems, the introduction of interdisciplinary projects and the concept of lifelong learning. It is determined that the systematic integration of digital and environmental domains into the educational process will ensure the training of adaptive leaders of the energy transition who are capable of effectively responding to the challenges of decarbonisation and energy security in an era of global transformation.

Keywords: energy transition, digital revolution, professional competence, training future energy specialists, green transformation, digital energy, renewable energy sources, innovative pedagogy, digital twins, sustainable development.

Вступ

Епоха зеленого переходу та цифрової революції радикально трансформує енергетичний сектор: від централізованої вуглецево-інтенсивної моделі до децентралізованої, низьковуглецевої системи на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), розумних мереж (Smart Grid), штучного інтелекту, IoT, цифрових двійників та систем накопичення енергії. В Україні ці процеси прискорюються війною та необхідністю енергетичної незалежності: з 2022 року додано понад 3 ГВт нової ВДЕ-потужності (переважно сонячної), а у 2025 році встановлено щонайменше 1,5 ГВт сонячної генерації. Національний план з енергетики та клімату на 2025-2030 роки, схвалений Кабміном у червні 2024 року, передбачає зростання частки ВДЕ до 27 % у валовому кінцевому споживанні енергії до 2030 року, розвиток децентралізованої генерації, накопичувачів, водневих технологій та повну інтеграцію з європейським ринком [1-3]. Післявоєнне робить акцент на стійкості, цифровізації та security-driven green transition. У цих умовах майбутні інженери-енергетики стикаються з дефіцитом інтегрованих

компетентностей: традиційна освіта фокусується на класичних системах (ТЕС, ГЕС), тоді як ринок вимагає цифрової грамотності, адаптивності та міждисциплінарності.

Результати дослідження

Сучасна енергетика перебуває в точці радикальної трансформації, яку визначають два паралельні вектори: декарбонізація та тотальна цифровізація. Традиційна модель підготовки майбутніх енергетиків, орієнтована на централізовані системи генерації, стає неактуальною. Майбутній фахівець має оперувати категоріями децентралізованих мереж, відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та інтелектуальних систем управління енергоспоживанням. Освіта майбутніх енергетиків в епоху революційних змін має базуватися на синергії трьох доменів знань:

1) Зелена енергетика, зокрема глибоке розуміння фізики ВДЕ, технологій зберігання енергії, водневої енергетики та економіки замкнутого циклу.

2) Цифровізація, насамперед володіння інструментами аналізу великих даних для прогнозування навантажень, використання блокчейн-технологій для P2P-торгівлі енергією та впровадження «цифрових двійників» для моніторингу стану обладнання.

3) Інтелектуальні мережі. Фахівці мають сформувати навички управління складними кіберфізичними системами, де споживач стає активним учасником ринку.

Для реалізації такого підходу необхідне переосмислення інженерної педагогіки. Аналіз наукових публікацій [4-10] засвідчив, що перспективними напрямками є:

– відхід від вузької спеціалізації на користь міждисциплінарних проєктів, де енергетика межує з ІТ, екологією та менеджментом;

– впровадження віртуальної та доповненої реальності. Оскільки обладнання сучасної енергетики (наприклад, вітрові парки або промислові системи збереження енергії) є дорогим і важкодоступним для ЗВО, критичного значення набуває використання VR-симуляторів та дистанційних лабораторій для відпрацювання сценаріїв управління енергосистемами;

– використання методів проєктного навчання. Студенти мають розв'язувати реальні кейси локальних громад щодо енергонезалежності, що формує не лише технічні навички, а й соціальну відповідальність.

У контексті цифрової революції особлива увага приділяється кібербезпеці критичної інфраструктури. Майбутній енергетик має усвідомлювати етичні аспекти автоматизації та алгоритмічного управління, що відповідає вимогам гуманістичної інженерної педагогіки. Підготовка фахівців в епоху зеленої та цифрової революції вимагає створення гнучких освітніх траєкторій, що адаптуються до стрімких змін технологій. Лише поєднання екологічного мислення з високим рівнем цифрової грамотності дозволить випускникам стати лідерами енергетичного переходу, забезпечуючи сталий розвиток суспільства.

Висновки

Таким чином, епоха «зеленого» переходу та цифрової революції остаточно руйнує стіни між суто технічними знаннями та гуманітарною відповідальністю. Сучасна освіта в галузі енергетики перестає бути процесом накопичення статичних знань про генерацію та передачу потужності; вона перетворюється на динамічну систему формування інтелектуальної готовності до змін. Концепція подвійного переходу вимагає від майбутнього інженера володіння «гібридним» мисленням. Енергетик майбутнього – це одночасно еколог, який розуміє життєвий цикл вуглецю, та фахівець, здатний керувати потоками даних у складних децентралізованих мережах. Відтак, освітні програми мають відмовитися від вузької спеціалізації на користь міждисциплінарної інтеграції, де цифрові інструменти є не додатковими опціями, а фундаментальною мовою інженерного проєктування. Крім того, етичний вимір стає центральним елементом фахової компетентності. Цифрова революція не лише автоматизує процеси, а й створює нові виклики у сфері кібербезпеки та соціальної справедливості розподілу енергоресурсів. Майбутня освіта енергетиків повинна плекати усвідомлення того, що кожне інженерне рішення має глобальний кліматичний наслідок. Лише через синергію високотехнологічної підготовки та глибокої екологічної етики ми зможемо підготувати фахівців, які не просто обслуговуватимуть енергосистеми майбутнього, а стануть їхніми свідомими архітекторами.

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., Кобилянська І., Пугач В. Особливості розвитку soft-skills мабутьніх фахівців в умовах дистанційного навчання. Актуальні аспекти розвитку STEAM-освіти в умовах євроінтеграції: збірник матеріалів ІІ Міжнародної науково- практичної інтернет-конференції (м. Кропивницький, 26 квітня 2024 року). Кропивницький : ДонДУВС, 2024. С.222-224
7. 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.
8. 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 ІV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 22 листопада 2023 року). Київ: ДУІТ, ХНУРЕ, МНТУ. 2023. С. 791-794
9. Дембіцька С. В. Формування компетентності фахівців з професійної освіти. Педагогіка безпеки. 2021. № 6(1-2). С.1–6. <https://doi.org/10.31649/2524-1079-2021-6-1-001-006>
10. 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 59-61

Бесєда Максим Ігорович – аспірант кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Maxbeseda@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.

Maksym Biesieda – Postgraduate Student, Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Email: Maxbeseda@gmail.com.

Oleksandr V. Kobylansky – Doctor of Pedagogy, Professor, Head of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Email: akobilanskiy@gmail.com.