

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ЕНЕРГЕТИКІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано роль математичного моделювання в системі професійної підготовки фахівців з енергетики. Розглянуто можливості інтеграції методів вищої математики (диференціальні рівняння, методи оптимізації, теорія ймовірностей) у вивчення питань енергоефективності, моделювання енергетичних систем та відновлювальних джерел енергії. Показано вплив такого підходу на розвиток аналітичного мислення та готовності до розв'язання реальних інженерних задач.

Ключові слова: вища математична освіта, математичне моделювання, професійна підготовка енергетиків, енергоефективність, компетентнісний підхід, цифрові інструменти.

Abstract

The role of mathematical modeling in the system of professional training of energy specialists is substantiated. The possibilities of integrating higher mathematics methods (differential equations, optimization methods, probability theory) into the study of energy efficiency issues, modeling of energy systems and renewable energy sources are considered. The impact of such an approach on the development of analytical thinking and readiness to solve real engineering problems is shown.

Keywords: higher mathematical education, mathematical modeling, professional training of energy professionals, energy efficiency, competency-based approach, digital tools.

Вступ

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується посиленням вимог до якості професійної підготовки фахівців технічних спеціальностей, зокрема фахівців енергетичної галузі. Перехід України до зеленої енергетики, підвищення енергоефективності та забезпечення енергетичної безпеки країни в умовах воєнних викликів і європейської інтеграції вимагають від випускників не лише технічних знань, а й високого рівня математичної компетентності та здатності до математичного моделювання складних процесів.

Математична підготовка традиційно є фундаментальною складовою інженерної освіти. Однак у сучасних умовах спостерігається розрив між рівнем засвоєння понять вищої математики студентами енергетичних спеціальностей та їхньою готовністю використовувати математичні методи для розв'язання реальних професійних задач. Багато випускників сформуvalи теоретичні знання з математичного аналізу, диференціальних рівнянь та теорії ймовірностей, проте відчують труднощі при перекладі цих знань на мову інженерних розрахунків, моделювання енергетичних систем та оптимізацію процесів енергоефективності. Особливої гостроти ця проблема набуває у підготовці інженерів-енергетиків, оскільки саме математичне моделювання є основним інструментом дослідження та оптимізації роботи теплових схем, відновлювальних джерел енергії, систем енергопостачання, процесів тепломасообміну та енергоефективності. Недостатня інтеграція математичних методів у професійну підготовку призводить до зниження конкурентоспроможності випускників на ринку праці та уповільнює впровадження інноваційних технологій в енергетичній галузі. Таким чином, актуальність теми зумовлена необхідністю подолання розриву між фундаментальною математичною освітою та практичними потребами енергетичної галузі в умовах викликів сучасності.

Результати дослідження

Розвиток енергетичної галузі України характеризується складними викликами, пов'язаними з декарбонізацією економіки, інтеграцією відновлюваних джерел енергії, цифровізацією систем енергопостачання та забезпеченням енергетичної безпеки в умовах воєнних загроз. У цьому контексті інженер-енергетик має виступати не лише виконавцем технічних рішень, а й суб'єктом інноваційної діяльності, здатним до математичного аналізу, моделювання та оптимізації складних енергетичних систем. Відтак математична підготовка набуває статусу ключового чинника формування професійних компетентностей такого фахівця.

Однією з фундаментальних компетентностей вважаємо здатність до математичного моделювання енергетичних процесів. Фахівець повинен уміти будувати математичні моделі тепломасообміну, гідродинаміки, фазових переходів і хімічних реакцій в енергетичному обладнанні, що передбачає розуміння теорії диференціальних рівнянь та чисельних методів їх розв'язання. Як зазначає М. Кулик, [11], без таких навичок неможливо забезпечити перехід від емпіричних підходів до науково обгрунтованого проєктування сучасного енергетичного обладнання. Не менш важливою є уміння оптимізації енергетичних систем. Інженер має розв'язувати задачі багатопараметричної оптимізації з метою підвищення енергоефективності, зниження втрат і забезпечення надійності, що потребує знання лінійного, нелінійного, динамічного та стохастичного програмування, генетичних алгоритмів і методів багатокритеріальної оптимізації [9; 12]. Особливої актуальності ця компетентність набуває під час проєктування гібридних енергетичних комплексів із використанням відновлюваних джерел енергії. Важливе місце посідає також здатність до прогнозування та роботи в умовах невизначеності. Інтеграція нестабільних джерел енергії (вітрових і сонячних) надає енергосистемі стохастичного характеру, тому фахівець має володіти методами теорії ймовірностей, математичної статистики, аналізу часових рядів та елементами теорії хаосу.

Крім того, інженер-енергетик повинен демонструвати компетентність у сфері цифрового моделювання та створення цифрових двійників енергетичних об'єктів. Це передбачає інтеграцію математичного апарату з програмними середовищами MATLAB/Simulink, Python (бібліотеки SciPy, NumPy, Pandas), ANSYS та іншими інструментами, що уможливорює симуляцію динамічних режимів, діагностику обладнання в реальному часі та прогнозування відмов. Дедалі більшої ваги набуває й аналітико-діагностична компетентність, пов'язана з обробкою великих даних, отриманих від систем SCADA та IoT, яка ґрунтується на методах регресійного аналізу, кластеризації, нейронних мереж та машинного навчання.

Відтак розвиток математичної компетентності вимагає системного переосмислення підходів до організації освітнього процесу в закладах вищої технічної освіти. Одним із провідних шляхів є інтегративний розвиток математичної компетентності. Традиційне викладання вищої математики у відриві від профільних дисциплін призводить до формального засвоєння знань, тоді як ефективним рішенням є створення міждисциплінарних модулів, у яких математичні методи вивчаються через призму реальних енергетичних задач: моделювання теплових схем, розрахунків режимів роботи електричних мереж чи оптимізацію роботи вітрових електростанцій [1-6]. Такий підхід забезпечує органічний перехід від абстрактних математичних понять до їхнього прикладного застосування. Перспективним є також проєктно-дослідницькі методи. Участь студентів у розробці реальних проєктів, науково-дослідній роботі та конкурсах сприяє формуванню досвіду самостійного математичного моделювання [7-8]. Особливо цінним є виконання курсових і дипломних робіт, у яких математична модель становить не додаток, а основу дослідження. Не менш значущим є практико-орієнтований (дуальний) шлях. Тісна співпраця з енергетичними підприємствами під час виробничої практики дає змогу студентам працювати з реальними даними, розв'язувати актуальні виробничі задачі та отримувати зворотний зв'язок від практикуючих фахівців, що сприяє формуванню професійної рефлексії щодо значення математичних методів у повсякденній інженерній діяльності. Нарешті, важливим залишається адаптація навчального навантаження до рівня підготовки студента, використання адаптивних освітніх платформ, а також систематичну рефлексію щодо власних математичних компетентностей. Розвиток уміння самостійно оцінювати якість математичного апарату, застосованого в моделі, є запорукою формування фахівця, здатного до постійного самовдосконалення [10].

Висновки

Отже, математична підготовка є невід’ємною основою формування професійних компетентностей інженера-енергетика. Вона забезпечує перехід від репродуктивного до творчого рівня мислення, дозволяє фахівцю ефективно працювати в умовах невизначеності та швидко адаптуватися до технологічних змін. Посилення математичної складової у професійній підготовці енергетиків є стратегічно важливим завданням вищої школи України, що відповідає як національним пріоритетам енергетичної безпеки, так і вимогам Болонського процесу. Разом з тим, розвиток математичної компетентності майбутніх інженерів-енергетиків повинен здійснюватися комплексно, через поєднання інтегративного, цифрового, проєктного, практичного та рефлексивного шляхів. Лише за таких умов вища школа зможе підготувати фахівців, готових до ефективного розв’язання складних завдань енергетичної безпеки та сталого розвитку України в умовах швидких технологічних змін.

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. Dembitska S., Shakhina I., Stoliarenko O., Melnyk A., Drabovskyi A., Kobylanska I. Collaborative Learning in a Digital Environment: Opportunities and Challenges. In: Auer, M.E., Toth, P. (eds) *Innovation via Collaborative Learning in Engineering Education*. ICL 2025. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1846. Springer, Cham, 2026. https://doi.org/10.1007/978-3-032-18888-5_36
4. Ivaniuk V., Miastkovska M., Dembitska S., Kuzmenko O., Smalko O., Pinaieva O. Refactoring the Department’s Website for Barrier-Free Education. In: Auer, M.E., Toth, P. (eds) *Innovation via Collaborative Learning in Engineering Education*. ICL 2025. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1846. Springer, Cham, 2026. https://doi.org/10.1007/978-3-032-18888-5_54
5. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., Demianenko, V. (2026). Synergy of STEM Education and Digital Technologies: Creating an Intelligent ECO Environment. In: Auer, M.E., Toth, P. (eds) *Innovation via Collaborative Learning in Engineering Education*. ICL 2025. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1847. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-18885-4_38
6. 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
7. Граф М., Любченко Д. Математична модель оптимізації енергопостачання в прикордонних районах з урахуванням геополітичних ризиків. *Технічна інженерія*. 2025. №1. С. 274-279. 10.26642/ten-2025-1(95)-274-279.
8. 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.
9. 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
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
11. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Куц Г.О. Енергоефективність та прогнозування енергоспоживання на різних ієрархічних рівнях економіки: методологія, прогнозні оцінки до 2040 року. Київ : Наукова думка, 2021. 234 с
12. Маляренко О., Іваненко Н., Судариков О. Дослідження взаємозв’язку показників екологічної та енергетичної ефективності на рівні країни. Системні дослідження в енергетиці. 2023. № 4(75). С. 84–94. DOI: <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.04.084>

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

Кобиланський 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 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.