УДК 004.94

РОЛЬ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ У ФОРМУВАННІ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Бібік Софія, студентка гр. ТЯ-41, НН ІАТЕ
Полович Валерія, студентка гр. ТЯ-41, НН ІАТЕ
Шльонкіна Анастасія, студентка гр. ТЯ-41, НН ІАТЕ
Шепель Ганна, старша викладачка
h.shepel@kpi.ua, ORCID: 0000-0002-6993-5045
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)

Анотація. *Розглядаються особливості професійної підготовки інженерів атомної енергетики з наголосом на важливість опанування інженерної графіки. Зауважується, що через високий рівень технологічної складності та безпекових вимог атомної галузі, майбутні фахівці повинні мати широкий спектр міждисциплінарних знань і навичок. Інженерна графіка виступає ключовим інструментом технічного мислення, спілкування в команді та основою для подальшого освоєння CAD-систем. Окрема увага приділяється практичному значенню графічної підготовки в контексті маломодульних реакторів (ММР), де точність креслень та візуалізацій має вирішальне значення на всіх етапах – від проектування до експлуатації.*

Ключові слова. *Атомна електростанція, система автоматизованого проєктування, маломодульний реактор, інженерна графіка.*

Постановка проблеми. Інженерна графіка є базовою загальноінженерною дисципліною, що формує ключові технічні компетентності: читання, створення та аналіз графічної документації у 2D та 3D форматах. Вона розвиває просторове мислення, навчає інтерпретувати й передавати технічні ідеї, принципи роботи механізмів, конструкції виробів за допомогою креслень.

Для майбутніх інженерів атомної енергетики ці навички є критично важливими з огляду на високі вимоги до точності, відповідальності та технологічної складності об’єктів галузі. Здатність працювати з технічною документацією є запорукою безпечного проєктування, ефективної командної взаємодії та мінімізації помилок на всіх етапах життєвого циклу ядерних установок.

Особливу увагу сьогодні привертає розвиток маломодульних реакторів (ММР), які потребують надзвичайно точного інженерного моделювання. Саме на прикладі ММР у цій статті буде проілюстровано значущість графічної підготовки як складника фахового становлення майбутніх інженерів-ядерників.

Аналіз останніх досліджень. Інженерна графіка розглядається як важливий інструмент розвитку інженерного мислення та технічної комунікації. У публікації Міжнародного агентства з атомної енергії Nuclear Engineering Education: A Competence-Based Approach to Curricula Development підкреслюється важливість формування в студентів здатності працювати з графічними моделями як елементом професійної інженерної компетентності [1].

Ініціатива Nuclear Education Hub, що об'єднує академічні установи США та України, фокусується на оновленні освітніх програм у сфері ядерної енергетики, зокрема через інтеграцію CAD-технологій, 3D-моделювання та цифрових засобів візуалізації [2].

В Україні провідні технічні університети – КПІ ім. Ігоря Сікорського, НТУ «ХПІ», Львівська політехніка – реалізують сучасні підходи до викладання інженерної графіки з акцентом на практичну підготовку та роботу з актуальними цифровими інструментами [3]. Аналогічні підходи обґрунтовано й у попередній публікації авторського колективу, де аналізувалися переваги онлайн-курсів з технічного креслення як платформи для самостійного засвоєння матеріалу та гнучкої організації навчання [4].

Таким чином, сучасні дослідження та освітні ініціативи підкреслюють важливу роль інженерної графіки у формуванні компетентності фахівців для атомної енергетики, особливо в контексті розвитку маломодульних реакторів, де точність та ефективність інженерного проєктування мають вирішальне значення.

Формулювання цілей. Метою статті є обґрунтування значущості інженерної графіки в підготовці майбутніх фахівців для атомної енергетики, зокрема у контексті розвитку маломодульних реакторів. У роботі проаналізовано, як графічна підготовка сприяє формуванню просторового мислення, технічної комунікації та візуалізації складних систем. Також запропоновано приклади навчальних підходів і завдань, які дозволяють інтегрувати практичну графічну підготовку в інженерну освіту з урахуванням потреб ядерної галузі.

Основна частина. Підготовка інженерів-атомників є одним з найскладніших і найвідповідальніших напрямів сучасної інженерної освіти. Високий рівень технологічної складності, специфіка роботи з радіоактивними матеріалами, суворе дотримання норм безпеки – усе це висуває підвищені вимоги до професійної компетентності майбутніх

фахівців. Відтак, уже на ранніх етапах навчання студенти мають опанувати базові дисципліни, які формують фундамент для подальшої спеціалізації. Серед таких дисциплін важливе місце займає інженерна графіка.

Інженерна графіка не лише навчає читати та створювати технічні креслення, а й формує просторове, логіко-структурне та аналітичне мислення. Вона слугує мовою технічного спілкування, особливо важливою в міждисциплінарному середовищі атомної галузі, де фахівці різних профілів повинні точно передавати проєктні рішення. В атомній енергетиці не допускаються приблизності – будь-яка помилка, допущена при зчитуванні або створенні креслення, може мати критичні наслідки. Тому важливо з перших курсів формувати вміння працювати з кресленнями: правильно наносити розміри, допуски, технічні позначення та будувати геометрично точні зображення.

Опанування інженерної графіки на ранніх етапах є підґрунтям для подальшого засвоєння сучасних систем автоматизованого проєктування (САПР), таких як AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360 тощо. Навички роботи з CAD-середовищем є важливим компонентом практичної підготовки майбутніх атомників, особливо з урахуванням переходу до цифрових технологій моделювання й документації у ядерній галузі.

З практичного боку, важливість графічної підготовки зростає в контексті розвитку маломодульних реакторів – нового покоління ядерних установок, які орієнтовані на гнучке розгортання, зниження вартості будівництва та покращення безпеки. Особливості конструкції ММР – компактність, заводське виготовлення, можливість модульної збірки – потребують надзвичайно точного графічного супроводу на всіх етапах життєвого циклу проєкту.

По-перше, інженерна графіка забезпечує створення детальних креслень кожного з модулів, тривимірних моделей і схем компонування, які дають змогу на ранніх етапах виявити потенційні конфлікти між елементами. По-друге, оскільки ММР транспортуються у готовому вигляді, необхідність у прецизійному проєктуванні й кресленнях особливо висока – будь-яка неточність може призвести до невідповідності на майданчику монтажу. По-третє, графічна підготовка охоплює й створення схем підключення до енергосистеми, оптимізацію просторового розміщення кількох реакторів на одній території (рис. 1).

І нарешті, візуалізація систем є важливою складовою підготовки персоналу: графічні моделі й навчальні тренажери використовуються для формування розуміння просторових зв’язків між функціональними блоками й зниження ризику помилок під час експлуатації.

Подані на рис. 1 та рис. 3 моделі ілюструють умовну композицію основних функціональних елементів маломодульних реакторів ММР.

Такий приклад, що відповідає актуальним напрямам розвитку галузі, зокрема впровадженню маломодульних реакторів, може бути інтегрований у базовий курс «Інженерна та комп'ютерна графіка» як навчальне завдання з основ тривимірного моделювання.

На рис. 2 наведена тривимірна композиційна модель основних функціональних елементів майданчика ММР, змодельована студентами в середовищі AutoCAD на основі зразка [5]. Під час виконання подібної роботи студенти працюють з базовими геометричними формами, такими як призми, циліндри, паралелепіпеди, вчаться поєднувати їх у складні об'ємні структури, а також можуть експериментувати з текстурами, кольорами, орієнтацією об'єктів у просторі. Візуалізація може супроводжуватись умовним зонуванням території, імітацією технічних підключень та систем фізичного захисту об'єктів.

Окрім розвитку навичок 3D-моделювання, студенти мають змогу ознайомитися з поточними технологічними трендами у сфері атомної енергетики, зокрема конструктивними принципами компактних і автономних ММР. Таке поєднання технічного змісту й графічних засобів дозволяє формувати міждисциплінарне бачення, стимулює інтерес до галузі й водночас розвиває здатність візуалізувати складні об'єкти, що особливо важливо для інженерів, які в майбутньому працюватимуть із критично важливими системами.

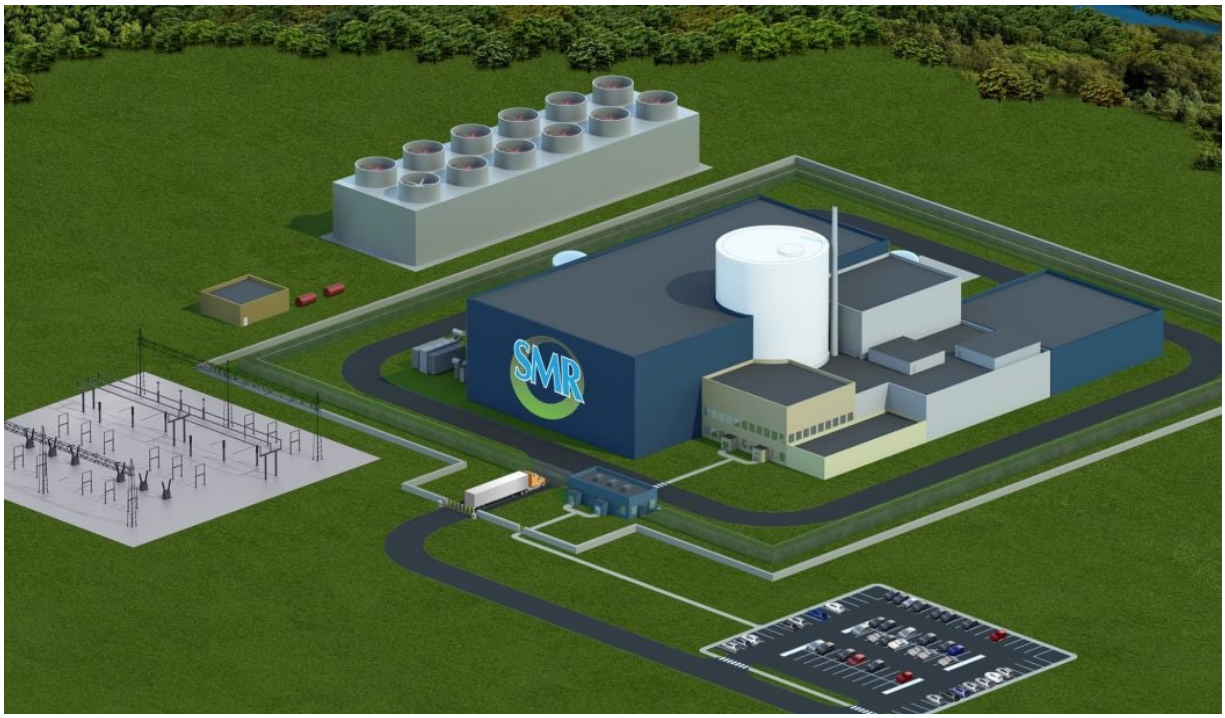

Рис. 1. Тривимірна композиційна модель
майданчика ММР Holtec International [5]

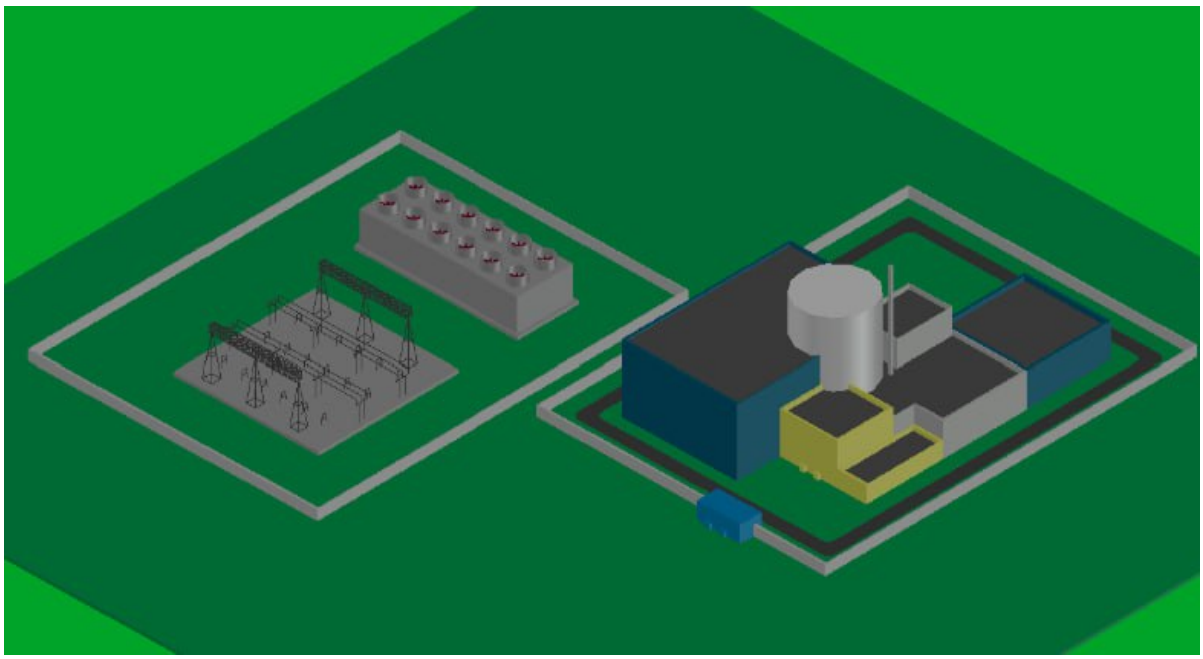

Рис. 2. Тривимірна модель майданчика ММР, змодельована студентами

Рис. 3. Зразки можливих компонувань майданчиків для використання у навчальному процесі [6]

Висновки. Таким чином, інженерна графіка у підготовці фахівців для атомної енергетики – це не лише базова навчальна дисципліна, а й один із ключових інструментів формування професійної інженерної компетентності. Її значення особливо зростає в умовах впровадження новітніх технологічних рішень, які вимагають комплексного, точного та візуально зрозумілого проєктного супроводу. Інтеграція актуальних прикладів і орієнтованих на здобуття практичних навичок завдань у структуру дисципліни не лише сприяє розвитку необхідних технічних навичок, а й підвищує мотивацію студентів та інтерес до інженерної графіки як сучасного інструмента професійної діяльності.

Бібліографічний список

1. Nuclear Engineering Education: A Competence-Based Approach to Curricula Development. (2014). International Atomic Energy Agency (IAEA). Available at: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1626web-52229977.pdf

2. Nuclear Education Hub (NEH): U.S. Ukraine Academic Collaboration. (2024). Virginia Tech Nuclear Science and Engineering Laboratory. Available at: https://nuclear.ncr.vt.edu/academics/nuclear-education-hub-neh

11. Top Nuclear Engineering Universities in Ukraine – 2024 Ranking. (2024). EduRank. Available at: https://edurank.org/engineering/nuclear/ua/

3. Cassar V., Golova O., Shepel H. (2023). A Various Advantages of Implementing Online Courses in Technical Drawing Curriculum. In: Прикладна геометрія, інженерна графіка та об'єкти інтелектуальної власності, Vol. XII, pp. 145–148. Available at: https://jagegip.kpi.ua/article/view/281955

4. Перегони технологій: які перспективи малих модульних реакторів у 2024 році. (2024, 22 лютого). UAtom.org – Портал про ядерну енергетику та безпеку. Доступно за посиланням: https://www.uatom.org/2024/02/22/peregoni-tehnologij-yaki-perspektivi-malih-modulnih-reaktoriv-u-2024-rotsi.html

5. New recommendations on safety of SMRs from the SMR Regulators' Forum. (2022, 1 December). International Atomic Energy Agency (IAEA). Available at: https://www.iaea.org/newscenter/news/new-recommendations-on-safety-of-smrs-from-the-smr-regulators-forum