

METHODOLOGY

Інженерна освіта в постіндустріальному суспільстві

Г. В. Луценко

Інститут інформаційних та освітніх технологій,
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна
Corresponding author. E-mail: LutsenkoG@gmail.com

Paper received 16.11.17; Revised 20.11.17; Accepted for publication 22.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-HS2017-147V25-05>

Анотація. Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технічних та технологічних новацій, що стають невід'ємною частиною життя кожної людини та суспільства в цілому, а також виступають рушійною силою економічних, інформаційних та соціальних змін. Особливу роль при цьому відіграє професійна діяльність інженерів. У статті проаналізовано сучасні підходи до визначення сутності інженерної діяльності з використанням зовнішніх та внутрішніх представлень, а також їх вплив на інженерну освіту.

Ключові слова: інженерна освіта, зміна парадигм, сталий розвиток.

Вступ. Питання ролі та місця інженерної діяльності в сучасному світі є предметом активного дискурсу представників професійної інженерної спільноти, філософів, освітян, державних діячів тощо. Важливість даного питання пов'язана як з вирішенням масштабних викликів цивілізаційного плану, так і суто прикладних завдань освітньої сфери. Постіндустріальний спосіб виробництва ґрунтується на наукоємних технічних розробках і технологіях; інформації та знаннях, що є основним виробничим ресурсом. Однак, наукові та технологічні новації нерозривно пов'язані з соціальною відповідальністю й мають розвиватися в напрямку технологій сталого розвитку. Важливим завданням для інженерної освіти є пошук способів випереджуючої дії, що дозволить обґрунтовано передбачити, які якості майбутніх інженерів будуть необхідні в умовах швидкозмінного та високо-технологічного світу. Для системи вищої інженерної освіти України таке завдання є винятково актуальним на тлі зростаючого попиту на випускників у сфері інформаційних технологій.

Метою публікації є аналіз ролі та місця інженерної діяльності в сучасному світі, вивчення існуючих підходів до її представлення з використанням зовнішніх та внутрішніх атрибутів, ідентифікація якостей, що мають бути враховані при підготовці освітніх програм підготовки майбутніх інженерів.

Аналіз джерел та публікацій.

Вивченню необхідності створення нових парадигм у галузі інженерної практики та освіти, які відповідатимуть потребам суспільства, присвячено ряд системних досліджень, здійснених протягом останніх двох декад [1-5].

Відповідно до видів професійної діяльності, поширених в сучасному суспільстві, інженерна діяльність може бути описана в термінах зовнішнього представлення, коли сутність описується за допомогою атрибутів надсистеми, до складу якої вона входить. У [6] для позначення такого представлення використовується термін "*контекст професійної діяльності*" (інженерної, у нашому випадку). При цьому поняття *контексту* трактується як певні умови чи події, які формують середовище, де існує певна сутність чи відбуваються певні події. Одночасно *контекст* пра-

цює також засобом, що сприяє розумінню сутностей чи подій. Можливим є також внутрішнє представлення, коли опис інженерної діяльності ґрунтується на ідентифікації виду/видів діяльності, що є властивими їй, незалежно від сфери спеціалізації інженера. На думку Шері Шеппард та її колег, осмислення сутності діяльності інженера в умовах XXI століття та наповнення її конкретним змістом може здійснюватися відповідно до одного з трьох підходів [7], а саме:

- з точки зору дослідників, що вивчають роботу інженерів з метою синтезу певних паттернів поведінки та формування узагальненого представлення про природу інженерної практики;
- з точки зору організацій чи окремих представників безпосередньо залучених до інженерії;
- з точки зору представників системи інженерної освіти – викладачів та студентів.

Запропоновані підходи спрямовані на побудову внутрішнього представлення – опису елементів інженерної діяльності та зв'язків між ними, з метою конкретизації наповнення сформованих рамок (насамперед, для пошуку відповіді на запитання пов'язані із підготовкою інженерів відповідно до вимог сучасності).

Виклад основного матеріалу. У сучасному світі, інженерія як професійна діяльність охоплює величезне різноманіття видів та галузей. Унаочимо дане твердження за допомогою декількох наступних прикладів. Звіт ЮНЕСКО [8] містить перелік, що налічує 26 галузей інженерної діяльності, кожна з яких ще поділяється за окремими напрямками (всього наведено 49 видів діяльності). З іншого боку, Національний класифікатор професій ДК 003:2010 України, який базується на Міжнародній стандартній класифікації професій (ISCO 88: International Standard Classification of Occupations / ILO, Geneva) містить у переліку 213 позицій професій, до назви яких входить слово "*інженер*". До цього переліку слід додати ще ряд професій, які з'явилися в результаті інтенсивного розвитку обчислювальних систем та інформаційних технологій протягом останніх десятиліть, як, наприклад, "програміст (баз даних)", "програміст прикладний" та ін. Згідно з класифікатором Міністерства праці США такі професії також належать до групи інженерних

[9]. Якщо ж відштовхуватися від аналізу сфер працевлаштування та видів діяльності випускників інженерних спеціальностей, то картина набуває ще більшого різноманіття, адже в XXI столітті інженери можуть бути управлінцями, підприємцями, викладачами, аналітиками тощо [10].

Спираючись на класифікацію запропоновану Шері Шепард та ін. [7] й усвідомлюючи, що в рамках кожного з підходів буде отримано різні представлення інженерної діяльності, відзначимо, що спільним для перерахованих підходів, є той факт, що акцентуючи увагу на рефлексії притаманній роботі інженера, в якості особливого, властивого саме інженерії виду діяльності, дослідники з різних сфер – філософи, інженери-практики та освітяни – виділяють **проектвання** [11].

У [12, 13] проектування трактується, як спосіб мислити, застосовувати формалізовані та неформалізовані знання, приймати рішення та діяти, з метою створення образу ще неіснуючої сутності.

Згідно підходу CDIO (Conceiving-Designing-Implementing-Operating) [14], до складових циклу інженерної діяльності належать (Conceiving), проектування (Designing), створення (Implementing) та застосування (Operating) об'єктів, процесів та систем, які не існували до цього і які прямо або опосередковано потрібні суспільству чи певній його частині. Зазначимо, що розробники підходу CDIO вважають, що незалежно від обраної професійної сфери, основна задача інженера – проектування та прийняття інженерних рішень.

На етапі планування розробки, інженери визначають масштаб створюваного об'єкта чи системи та беруть участь у розробці загальної концепції. Наступний етапом є проектування об'єктів, процесів чи систем, для чого можуть використовуватися як інноваційні технології, так і добре відомі. Надалі інженери керують та в деяких випадках беруть безпосередню участь у виробництві спроектованих сутностей. І, як зазначають автори, технічні об'єкти створюються саме для використання. Відповідно, інженери мають враховувати та планувати особливості використання об'єкта, процесу або системи вже на етапі проектування.

Зазначимо, що в [7] для опису характеру роботи інженерів використовується дещо ширший термін – **вирішення проблем**. На нашу думку, саме такий підхід, з одного боку, дозволяє узагальнено представити завдання, які виконують інженери в своїй поточній діяльності, а, з іншого, підкреслює важливість використання проблемно орієнтованих підходів при підготовці майбутніх інженерів.

Слід наголосити, що визначення контексту та сутності інженерної діяльності наразі ускладняється певною *"кризою ідентичності"*, що переживає сучасна інженерія [15]. На думку авторки *"інженерія перетворюється у безстрокову професію всього в світі, де технології переходять в науку, мистецтво, та управління..."*. Подібні міркування звучать і в роботі [16]. Автори зазначають, що глибинні зміни впродовж останніх десятиліть зміщують фокус інженерної діяльності з традиційно технічних питань до *"змішаних"*, для вирішення яких потрібно використовувати інтер-

новані, адаптивні та орієнтовані на задану проблему підходи.

Звіт, підготований у 2008 році Центром дослідження розвитку освіти Лондонського університету [17] визначає сучасну інженерію як світову індустрію, яка перебуває у стані перманентних змін, і майбутнє якої визначається такими силами як глобалізація, швидкий розвиток технологій, зміни клімату та нерівність. Перед лицем таких змін сучасні інженери потребують нових видів знань, навичок та компетентностей, серед яких навички з вирішення проблем, управління проектами, комунікаційні навички, робота в команді, навчання впродовж життя, підприємництво, етика тощо [2, 18].

Узагальнюючи ряд досліджень здійснених раніше, у монографії [6] виділено дві групи факторів, що є визначальними для інженерної діяльності в XXI століття. До першої з них входять такі, які на думку авторів, не зазнали суттєвих змін в останні 50 років, а до другої, такі, значимість яких істотно зросла в останні роки.

Перша група включає фактори:

- інженерна діяльність здійснюється відповідно до потреб та вимог (у широкому розумінні) клієнтів та суспільства;

- інженерна діяльність має бути ефективною та рентабельною, відповідно до наявних ресурсів;

- основною складовою інженерної практики є створення нових об'єктів, процесів та систем;

- інженерна діяльність вимагає мультидисциплінарних підходів до пошуку рішень;

- важливим елементом інженерної практики є робота в команді, вміння спілкуватися, бути ефективним керівником групи і/та її учасником;

- інноваційні технологічні рішення відіграють визначальну роль у формуванні майбутнього людства.

До другої групи належать наступні фактори:

- стійкий розвиток, що полягає у зміні парадигми від експлуатації природних ресурсів до їх раціонального використання з урахуванням потенціалу для задоволення потреб наступних поколінь;

- глобалізація, яка виражається в інтенсифікації міжнародної конкуренції, співпраці та зростанні мобільності інженерних кадрів;

- зростання значимості інноваційних рішень в інженерній практиці, що вимагає від інженерів бути креативними та ефективними в використанні ідей та технологій для створення нових об'єктів та послуг;

- зміна ролі інженерів на виробництві, їх вихід на лідируючі позиції, що має втілюватися в зростанні ролі інженерів при прийнятті рішень щодо політики та стратегії економічного розвитку підприємства;

- підприємництво, як діяльність пов'язана з процесом створення нової промислової компанії, що передбачає впровадження інновацій.

Проаналізуємо детальніше фактори вплив яких на інженерну діяльність істотно зріс в останні роки. На світовому рівні значимість дотримання принципів сталого розвитку була підтверджена документально, шляхом затвердження у 1992 році на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку в Ріо-де-Жанейро, Декларації щодо навколишнього середовища та розвитку [19]. Зазначимо, що прийняттю

декларації передувала серйозна робота з осмислення та узагальнення основних тенденцій розвитку людства. Текст декларації включає 27 ключових принципів сталого розвитку, дотримання яких спрямоване на встановлення справедливого глобального партнерства. Основним завданням декларації проголошується турбота про людей та дотримання їх прав на здорове та продуктивне життя в гармонії з природою. Особлива увага при цьому звертається на інтенсифікацію заходів у сфері збереження навколишнього середовища, відновлення здорового стану та цілісності екосистеми Землі, причому шляхи досягнення поставлених задач пов'язуються із посиленням міжнародного обміну науково-технічними знаннями, розширенням розробки, адаптації, розповсюдження та передачі новітніх технологій.

На практичному рівні розвиток ідей сталого розвитку починаючи з першої декади ХХ ст. набуває свого втілення в інтенсифікації "зеленої" інженерії, основні принципи якої є наступними [20]:

1. Інженерні процеси та продукти в цілому використовують системний аналіз та інтегральні оцінки впливу на навколишнє середовище.
2. Збереження та покращення природних екосистем при збереженні здоров'я та благополуччя людей.
3. Використання, так званого, мислення в термінах життєвого циклу (life-cycle thinking) в інженерній діяльності.
4. Гарантування того, що всі вхідні та вихідні матеріали та джерела енергії є безпечними в своїй основі та залишатимуться такими.
5. Мінімізація споживання вичерпних природних ресурсів.
6. Впровадження безвідходних технологій.
7. Створення таких інженерних рішень, що виходять за межі поточних або найрозповсюдженіших технологій; покращення, оновлення та відкриття нових технологій, що допомагатимуть досягати стабільності розвитку.
8. Розробка та використання інженерних рішень з урахуванням регіональних географії, потреб та культурних особливостей.
9. Активне залучення громадськості та зацікавлених сторін до відпрацювання інженерних рішень.

До документів, що є програмними для інженерної діяльності в ХХІ столітті, слід віднести декларацію "Інженерна освіта для сталого розвитку / *Engineering Education for Sustainable Development*", проголошену в 2004 році в Барселоні [21]. Співавторами декларації виступили учасники 2-ї Міжнародної конференції інженерної освіти для сталого розвитку. У Барселонській декларації стверджується, що "Не можна заперечувати той факт, що світ та його культури потребують нового інженера, який буде керуватися спрямованим на перспективу, системним підходом до прийняття рішень, етикою, справедливістю, рівністю та солідарністю, та має цілісне розуміння того, що виходить за межі його спеціалізації".

На думку авторів Барселонської декларації, до рис принципів для сучасних інженерів у контексті підтримки вимог сталого розвитку та "зеленої" інженерії, належать [21]:

- Розуміння того, як їх робота взаємодіє з суспіль-

ством та навколишнім середовищем, що дозволяє визначити потенційні проблеми, ризики та наслідки.

- Розуміння внеску власної діяльності в різні культурні, соціальні та політичні контексти та усвідомлення їх відмінностей.

- Здатність працювати в мультидисциплінарних колективах, з метою адаптації існуючих технологій до вимог сталого способу життя, ефективності використання ресурсів, запобігання забрудненню та належне поводження з відходами.

- Застосування цілісного та системного підходу до вирішення проблем та вміння виходити за традиційні способи розчленування реальності на непов'язані складові.

- Активна участь в обговоренні та розбудові економічної, соціальної та технологічної політики, щоб допомогти суспільству в дотриманні принципів сталого розвитку.

- Застосування професійних знань відповідно до деонтологічних принципів, етики та універсальних цінностей.

- Вміння звертати увагу на вимоги громадян та інших зацікавлених сторін, надаючи їм змогу говорити про розвиток нових технологій та інфраструктури.

Відзначимо, що проголошені принципи знайшли відображення в ряді акредитаційних вимог до майбутніх інженерів, що, фактично, перетворює їх з декларативних у такі, що мають формуватися в процесі підготовки інженерів.

Критерії Ради з акредитації в сфері інженерії та технологій [22] передбачають, що відповідно до акредитаційних вимог організації, освітні програми підготовки інженерів у ХХІ столітті, мають бути спрямовані на формування в студентів:

- навичок проектувати системи, компоненти чи процеси, які будуть відповідати очікуваним потребам в рамках реалістичних обмежень, що накладаються економікою, навколишнім середовищем, соціальною сферою, політикою, етикою, охороною здоров'я, безпекою, технологічністю та сталим розвитком;

- розуміння професійної та моральної відповідальності;

- загальної підготовки, необхідної для розуміння важливості інженерних рішень для глобальної економіки, навколишнього середовища та соціальної сфери.

Інженерна Рада Великобританії (Engineering Council) в "UK Standard for Professional Engineering Competence" до переліку компетентностей інженерів включає [23]:

- здатність відповідально діяти, комплексно враховуючи потреби розвитку навколишнього середовища, суспільства та економіки;

- здатність використовувати уяву, творчість та інновації з метою створення продуктів та сервісів, які підтримують та покращують якість навколишнього світу та суспільства, та відповідають фінансовим вимогам;

- розуміння та підтримка залучення стейкхолдерів.

Узагальнюючи сказане вище, доречно навести висловлювання, що в ХХІ столітті "потребується новий тип інженера, інженера, який повністю усвідомлює суспільні аспекти та вміє працювати з соціальними аспектами технологій" [24].

Висновки. Аналіз публікацій показує зростання переконання, що саме лідерство в сфері технологічних інновацій є ключем до процвітання та запорукою безпеки в світі орієнтованому на конкуренцію, глобалізацію та економіку, рушійною силою якої є знання. При цьому, критичними елементами інноваційного процесу є довготермінові дослідження завданням яких є перетворення фундаментальних наукових відкриттів в інноваційні продукти, процеси та послуги,

необхідні суспільству. Реалізація таких досліджень має виразний багатодисциплінарний характер та вимагає спрямування системи інженерної освіти на формування широкого спектру професійних та загальних компетентностей. Основами сучасних підходів до інженерної освіти мають бути розвинута практико-орієнтована складова, що враховує потребу діяти дотримуючи засад сталого розвитку.

REFERENCES

1. ABET The Vision for Change: A Summary Report of the ABET/NSF/Industry Workshops [Report]. - Baltimore, MD : ABET, 1995.
2. Clough G. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century [Report] / National Academy of Engineering. - Washington, DC : National Press, 2004.
3. Continental Final Report of the Global Engineering Excellence Initiative [Report]. - Hannover, Germany : Münstermann GmbH & Co. KG, 2006.
4. Sheppard S. D. and Sullivan W. Educating engineers: Theory, practice, and imagination [Book]. - Palo-Alto : Jb-Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, 2008.
5. Duderstadt James J Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education [Report]. - Ann Arbor : The University of Michigan, 2008.
6. Crawley E. F. [et al.] Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed. [Book]. - Verlag : Springer, 2014.
7. Sheppard S. D. [et al.] What is Engineering Practice? // International Journal of Engineering Education. - 2006. - 3 : Vol. 22. - pp. 429-428.
8. UNESCO UNESCO Report. Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development [Report]. - Paris : UNESCO Publishing, 2010.
9. U.S. Department of Labor Occupational Outlook Handbook (2008-2009). - Washington : [s.n.], 2008.
10. Chatterjee A. Mathematics in Engineering [Journal] // Current Science. - 2005. - 3 : Vol. 88. - pp. 405-414.
11. Simon H. A. The Science of the Artificial [Book]. - Cambridge, Mass. : MIT Press, 1996. - 3rd.
12. Evans D. L., McNeil B. W. та Beakley G. C. Design in Engineering Education: Past Views of Future Directions // Journal of Engineering Education. - 1990 p.. - Vol. 79(4). - pp. 517-522.
13. Dym C.L. [et al.] Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning // Journal of Engineering Education. - 2005. - Vol. 94 (1). - pp. 103-120.
14. Crawley E. F. The CDIO Syllabus. A Statement of Goal for Undergraduate Engineering Education. - [s.l.] : CDIO, 2001.
15. Williams R. Education for the Profession Formerly Known as Engineering // The Chronicle of Higher Education. - 2003. - Vol. 49 (20). - p. B12.
16. Halbe Johannes, Adamowski Jan and Pahl-Wostl Claudia The role of paradigms in engineering practice and education for sustainable development // Journal of Cleaner Production. - 2015. - Vol. 106. - pp. 272-282.
17. Bourn D., Neal I. The Global Engineer: Incorporating global skills within UK higher education of engineers. London : Department for International Development / Institute of Education, University of London, 2008.
18. Rugarcia A. [et al.] The future of engineering education. I. A vision for a new century // Chemistry Engineering Education. - 2000. - Vol. 34(1). - pp. 16-25.
19. The Rio Declaration On Environment And Development (1992). // Retrieved from http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF .
20. Abraham M. та Nguyen N. Green engineering: Defining principles // Environmental Progress. - 2003 p.. - Vol. 22(4). - pp. 233-236.
21. Barcelona Declaration Engineering education in Sustainable Development [Report]: Conference Barcelona, 2004.
22. ABET Criteria for accrediting engineering programs. // Retrieved from <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/10/E001-16-17-EAC-Criteria-10-20-15.pdf>.
23. UK-SPEC standard for professional engineering competence. Engineering Council. // Retrieved from [http://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/Website/UK-SPEC%20third%20edition%20\(1\).pdf](http://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/Website/UK-SPEC%20third%20edition%20(1).pdf)
24. De Graaff E. and Ravesteijn W. Training complete engineers: global enterprise and engineering education [Journal] // European Journal of Engineering Education. - 2001. - Vol. 26(4). - pp. 419-427.

Engineering education in the postindustrial society

G. V. Lutsenko

Abstract. Modern world is characterized by rapid development of technological innovation, which are becoming the inseparable part of human lives and society at whole. They also can be treated as the driving force of economical, informational and social changes. The professional activity of engineers play the very significant role in modern society. In the presented paper, the modern approaches to the presentation of modern engineering with using the external and internal attributes are analyzed as well as the influence of such approaches on the engineering education.

Keywords: *engineering education, change of paradigm, sustainable development.*