

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ГЛУХІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА ДОВЖЕНКА**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Луценко Галина Василівна

Прим. №
УДК 378.018.8:004-057.21]:001.895(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО
НАВЧАННЯ**

**13.00.04 – теорія і методика професійної освіти
Освітні, педагогічні науки**

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Г. В. Луценко

Науковий консультант:
Тарасенкова Ніна Анатоліївна,
доктор педагогічних наук, професор

Черкаси – 2019

АНОТАЦІЯ

Луценко Г. В. Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти. – Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, Глухів, 2019.

У дисертації здійснено дослідження теоретичних і методичних засад професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Визначено, що інтенсивні технологічні та соціальні зміни першої декади XXI століття, які ініціювали четверту промислову революцію й «Індустрію 4.0», виражаються в переході від виробництва продуктів до виробництва ідей, цифровій трансформації виробничих процесів, утвердженні принципів сталого розвитку й «зеленої інженерії» на міждержавному рівні.

У роботі з'ясовано, що вітчизняні й зарубіжні дослідники вважають інженерне проектування та розв'язання проблем сутністю професійної діяльності майбутніх інженерів. Визначальною рисою інженерної діяльності є її практична спрямованість, що вимагає врахування наукових знань, досвіду, сучасних стандартів, потреб споживачів, організаційних, правових, економічних, фізичних обмежень, вичерпності ресурсів тощо.

Розкрито зростання ролі інженерної діяльності у формуванні сучасної науково-інженерної картини світу, наслідком чого є поява філософії інженерії як самостійного напрямку досліджень, спрямованого на вивчення евристичної природи інженерії та інженерного проектування як її фундаментальної складової. Показано, що лінійна модель розвитку інновацій і концепція трактування інженерії як фіналізованої науки не відображають соціальні й гуманітарні аспекти інноваційної інженерної діяльності.

Ретроспективний і порівняльний аналіз системи професійної підготовки майбутніх інженерів в Україні та світі дозволив окреслити етапи формування освітніх програм теоретико-дослідницького та прикладного спрямування в системі професійної підготовки інженерів. Доведено, що поряд зі збереженням характерних для різних країн рис національних систем вищої освіти є спільна тенденція щодо поступової адаптації чинних освітніх програм підготовки інженерів до вимог та рекомендацій Європейського простору вищої освіти з одночасним поглибленням практичної спрямованості освітніх програм, посиленням ролі загальних компетентностей, збільшенням кількості міждисциплінарних інженерних програм.

У роботі здійснено порівняльний аналіз акредитаційних вимог до освітніх програм підготовки майбутніх інженерів. Зазначено, що принциповими, з одного боку, та такими, що їх бракує сучасним випускникам інженерних спеціальностей, з іншого, є навички проектної діяльності й розв'язання інженерних проблем, ефективної роботи в мультидисциплінарних командах, роботи з інформацією, самоспрямованого навчання, знання й навички у сфері проектного менеджменту.

З метою формування науково обґрунтованого й практично апробованого підґрунтя дослідження у дисертації детально розглянуто ступінь розробленості проблеми розвідки в науковій літературі, інженерній та педагогічній практиці. У результаті виявлено низку проблемних аспектів, що є наслідком переважання знаннєвої парадигми (розрив між ґрунтовною теоретичною підготовкою та навичками роботи у виробничій сфері, відсутність системного підходу до формування загальних компетентностей, низький рівень адаптивності й гнучкості чинних освітніх програм, переважання предметно орієнтованого навчання і дедуктивних методів у навчанні STEM-дисциплін), що свідчить про недостатню розробленість проблеми дослідження.

З урахуванням специфіки провадження досліджень в умовах освітньої реальності, що характеризується епістемологічною складністю освітніх явищ, мультипарадигмальним і мултиметодологічним спрямуванням, специфічним зв'язком між дослідником і досліджуваним об'єктом, було визначено етапи й

ключові методи дослідження. Сформульовано загальну гіпотезу дослідження, яка передбачає, що формування професійної компетентності майбутніх інженерів буде ефективним, якщо здійснюватиметься на основі теоретично та методично обґрунтованої, розробленої й упровадженої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Професійна підготовка майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання розглядається як комплексний процес, спрямований на формування фахових і загальних компетентностей, зокрема здатності використовувати творчість, винахідництво й інноваційні підходи для проектування і забезпечення роботи об'єктів і процесів, що відповідають вимогам економіки, соціальної сфери, безпеки і сталого розвитку й передбачають усвідомлення професійної й моральної відповідальності, пов'язаної з умінням приймати інженерні рішення з урахуванням можливих наслідків.

Розроблено концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Метою концепції є визначення науково-методологічних засад підвищення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, що розглядається як комбінація фахових і загальних компетентностей.

У рамках концепції наголошено на низці аспектів проектно орієнтованого навчання, серед яких, вибір проблем як вихідної точки організації проектної діяльності та управління нею; фахові та загальні компетентності майбутніх інженерів формуються в контексті професійної діяльності, для якої важливими є як динамічні практичні аспекти, так і фундаментальні теоретичні засади, що сприяє розвитку конвергентного й дивергентного мислення; конструктивізм і когнітивізм є теоретичною основою проектно орієнтованого навчання, виражаючись в організації роботи майбутніх інженерів у групах з метою забезпечення соціального виміру освіти; орієнтація проектів на розв'язання проблем пов'язана з розвитком метакогнітивних здатностей. Встановлено, що методологічною основою професійної підготовки майбутніх інженерів є сукупність підходів: системного,

особистісно орієнтованого, діяльнісного, синергетичного, акмеологічного, компетентнісного.

У дисертації професійну компетентність майбутніх інженерів визначено як сукупність фахових і загальних компетентностей, деталізацію яких здійснено з використанням поняттєво-термінологічного апарату підходів Tuning і Tuning-ANELO. У структурі компетентності виділено когнітивний (фундаментальні та інженерні науки, інженерний аналіз та дослідження), діяльнісний (інженерне проектування, інженерна практика), операційно-управлінський і комунікативно-особистісний (загальні навички) компоненти.

Зasadничими положеннями проектно орієнтованого навчання визначено: спрямованість на розвиток інженерної творчості та інноваційності мислення; орієнтація на провадження освітнього процесу в контексті професійної інженерної діяльності, урахування поточного досвіду та знань майбутніх інженерів при плануванні проектної діяльності, міждисциплінарний характер.

Показано, що проектно орієнтоване навчання дозволяє створити умови провадження освітньої діяльності в умовах невизначеності (для слабкоструктурованих задач, що не мають наперед відомого розв'язку), розвиваючи навички дивергентного й конвергентного мислення, самостійного формулювання проблем і пошуку альтернативних способів розв'язання, що належать до високорівневих мисленнєвих компетентностей.

У роботі обґрунтовано зв'язки проектно орієнтованого навчання й конструктивістського підходу до організації навчання, узгоджено етапи моделі практичного навчання Колба (оцінне спостереження, абстрактне узагальнення, активне застосування й досвід) й етапи проектної діяльності.

У роботі визначено сукупність загальнодидактичних і спеціальних принципів професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, ключовими серед яких є: орієнтації на професійну інженерну діяльність, системності й послідовності, фундаменталізації й професійної мобільності.

Виявлені організаційно-педагогічні умови професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання охоплюють: модернізацію

освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу; системне оновлення змісту освітніх програм шляхом розбудови міждисциплінарних зв'язків і між теорією й практикою, узгодження змістового наповнення дисциплін і тематики проектної діяльності; утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності; організація проектної діяльності студентів у групах; вибір та впровадження сучасного програмного забезпечення широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час виконання завдань проекту, так і для його організації.

Розроблена модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що включає концептуально-цільовий (мета, концепція, принципи підготовки, методологічні підходи), змістовий (компоненти професійної компетентності, зміст професійної підготовки і його складові), процесуальний (форми, методи, засоби, інноваційні педагогічні технології) і результативний (критерії, показники, діагностичний інструментарій, рівні сформованості та результат професійної підготовки) блоки. Для оцінювання сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів запропоновано чотири критерії, що відповідають компонентам професійної компетентності: когнітивному, діяльнісному, операційно-управлінському і комунікативно-особистісному.

У дисертації визначено структуру й цілі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання; окреслено особливості проектування змісту професійної підготовки та дидактично виважені форми, методи й засоби проектно орієнтованого навчання майбутніх інженерів; окреслено стратегії застосування проектно орієнтованого навчання майбутніх інженерів для різних освітніх компонентів та способів організації проектної діяльності; визначено особливості використання сучасних програмних продуктів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Система професійної підготовки майбутніх інженерів реалізується шляхом упровадження гібридного навчання, коли проектна діяльність студентів позиціонується як особливий освітній компонент (з власними програмовими

результатами, пов'язаними з фаховими та загальними компетентностями), узгоджений із заняттями, що проводяться у традиційній формі.

Теоретично обґрунтовано засади формування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання: відповідність сучасним вимогам до інженерної діяльності, структурна єдність змістового і процесуально-діяльнісного аспектів для різних освітніх компонентів і на міждисциплінарному рівні, відповідність рівню програмного й технічного оснащення. Критеріями вибору форм визначено індивідуалізацію освітнього процесу й диверсифікацію видів інженерної діяльності, що виражається в поєднанні традиційних форм й проектної діяльності.

Мотивовано доцільність використання в ході проектної діяльності програмного забезпечення інженерного призначення NI LabVIEW, розроблено технології створення програмних продуктів як складників методології опосередкованого формування навичок проектування. Обґрунтовано використання автоматизованих систем управління проектною діяльністю в освітньому процесі як інструмента, що дозволяє планувати проекти різних рівнів складності, відстежувати їх перебіг і коригувати виконання.

Для кількісного оцінювання результатів експериментального дослідження використано методи математичної статистики. Для студентів експериментальних груп спостерігається позитивна динаміка рівня сформованості професійної компетентності, що склала +0,231 та +0,258 для студентів експериментальних груп, сформованих зі студентів без попереднього досвіду проектної діяльності та з наявним досвідом, відповідно. Отримані результати підтверджують якісні значущі зрушення в учасників експериментальних груп.

Ключові слова: інженерна освіта, проектно орієнтоване навчання, проблемно орієнтоване навчання, майбутні інженери, професійна компетентність, компетентнісний підхід, результати навчання.

ANNOTATION

Lutsenko G. V. Theoretical and methodological foundations of professional training of future engineers by using project-based learning. – Qualifying academic paper – manuscript copyright.

Thesis for obtaining the scientific degree of Doctor of Pedagogical Sciences in Specialty 13.00.04 – Theory and Methods of Vocational Education – Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University, Hlukhiv, 2018.

In the thesis, the theoretical and methodological foundations of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning are investigated.

It was shown that drastic technological and social changes which took place during the first decade of the XXI century and caused the fourth industrial revolution and appearance of «Industry 4.0», manifest themselves in transition from the design of objects to the design of ideas, digital transformation of manufacturing processes, spreading of the principles of sustainable development and 'green' engineering on the global level.

In the thesis it was found that Ukrainian and foreign researchers consider the engineering design and problem solving as the essence of professional activity of future engineers. The practical orientation is considered to be the key characteristic of engineering, that is required to take into account scientific knowledge, experience, modern standards, needs of customers, organizational, legal, economical, physical constrains etc.

The role of engineering in forming modern scientific and engineering picture of the world is defined. The evolution of relationships between science, technique and engineering are analyzed. It was shown, that linear model of innovation and interpretation of engineering as finalized science doesn't represent social, humanistic and deontological aspects of engineering. As the result, the conclusion was made concerning the specific characteristics of engineering, which has own methodology of research and practical applications, which is similar, but not identical to the scientific methodology.

In the thesis, the retrospective and comparative analysis of the system of professional training of future engineers in Ukraine and in the world was carried out as well as the analysis of accreditation materials of leading world engineering boards and results of surveys of Ukrainian stakeholders. It has been proved that alongside with the maintenance of the national peculiarities of higher education typical for different countries, there is a common tendency towards step-by-step adaptation of the existing educational programs of professional training of future engineers to the requirements and recommendations of the European Higher Education Area, which is accompanied by simultaneous deepening of practical orientation of educational programs, strengthening of the role of general competencies, increasing the number of interdisciplinary engineering programs. It was shown, that engineering design and problem-solving skills, the ability to work as member of multidisciplinary team, the ability to work with information, self-directed learning, are among the crucial for future engineers, but they aren't developed well enough.

In order to form scientifically credible and tested on practice basis of the research, in the thesis the main aspects of the research problem have been analyzed by using scientific, engineering and pedagogical sources and describing engineering practice. The importance of implementing humanistic paradigm of education into the system of professional training of future engineers is stated. Despite the understanding of objective reasons led to spreading of so-called knowledge paradigm, in the thesis the problematic aspects of such situations are represented, namely, the gap between theoretical background and the ability to apply the skills in practice, the lack of integral approach to general competencies forming, rather low level of adaptability and flexibility of current degree programmes, prevalence of discipline-based learning and deductive methods in teaching STEM disciplines.

Taking into account the specific nature of carrying out the research in educational reality, the main stages of the research, as well as theoretical and empirical methods of the research, were chosen. For each stage the particular research questions were described, the conditions and methods were considered. The main hypothesis of the research was formulated. This hypothesis is following: future engineers professional competence forming will be effective in the case of implementing into practice both

theoretically and methodically grounded system of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning.

The professional training of future engineers by using the project-based learning is considered as complex process, aimed at forming subject-specific and generic competences, particularly the ability to use creativity, inventiveness and innovative approaches in order to design and maintain the work of objects and processes with taking into account the demands of economy, society, safety and sustainable development, and support the understanding of professional and moral responsibility connected with the ability to make engineering decisions taking into consideration the possible consequences.

The conception of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning is proposed. The aim of the conception is to work out scientific and methodological bases for increasing the level of formed professional competence of future engineers, which is considered as the combination of subject-specific and generic competencies. In the conception the accent was made on the set of key aspects of project-based learning, namely, choosing the problem as the starting point of organizing project work and project management; subject-specific and generic competences of future engineers is formed in professional context taking into account both the dynamic practical aspects and fundamental theoretical notions, that positively influence the development of convergent and divergent thinking; constructivism and cognitivism is considered to be the theoretical background of project-based learning manifesting itself in organizing collaborative work of future engineers; orientation of projects on the problem solving is connected with the development of metacognitive abilities.

It was grounded that the methodological foundations of professional training of future engineers include the set of general and specific scientific approaches: system, person-oriented, activity-based, synergetic, acmeological and competency-based approach.

In the thesis the professional competence of future engineers is defined as the combination of subject-specific and generic competences, which are described in details in terms of Tuning and Tuning-AHELO methodologies. In the structure of the

professional competence the cognitive (fundamental and engineering sciences, engineering analysis and research), active (engineering design and engineering practice), operational-managerial and communicative-personal (general skills) components were distinguished.

The main characteristics of project-based learning were defined, which are as follows: oriented on developing of the creative thinking and motivation; oriented on carrying the educational process in the context of the professional activity; connected with the current level of students' knowledge and experience; interdisciplinary character. It is shown that project-based learning gives the possibility to organize the learning activity under the conditions of uncertainty (for weakly structured tasks that have no known solution beforehand), developing skills of divergent and convergent thinking, formulating problems and finding alternative solutions to problems which are the kind of thinking competencies of high-level. The relationships between project-based learning and constructivism approach was established.

The model of the system of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning was developed. It is based on the principles of the orientation on professional engineering activity, systemicity and consistency, fundamentalization, and professional mobility.

Determined organizational and pedagogical conditions cover the competence-based, cognitive, context, organization and technological aspects. The main organization and pedagogical conditions of professional training of future engineers by using the project-based learning are as follows: modernizing of degree programmes for future engineers on the foundations of competence-based approach; system changes of content of degree programmes for future engineers; choosing of problem tasks as starting points of project-activity of students; organizing of collective students' projects; choosing and implementing of modern software of a wide spectrum of using and laboratory equipment, which is used both for problem-solving and project organizing.

While developing the model of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning the following components were proposed: conceptual (aim, conception, methodological approaches, didactic principles), content

(components of professional competence, material related to organizational and pedagogical conditions and to the content of professional training and structure of subjects), procedural (forms, methods, tools), resultant (criteria, indicators, diagnostic tools, levels of formation and results of professional training of future engineers). In order to assess the level of formed professional competence of future engineers four criteris which correspond to the components of professional competence were proposed.

In the thesis the structure and goals of the system of professional training of future engineers in the conditions of project-based learning were found; the peculiarities of designing the content of professional training and didactically reasonable forms, methods and tools were describes; the strategies of implementing the project-based learning of future engineers for different educational components and ways of organizing of project work were outlined.

Implementing of hybrid learning is considered to be the efficient way of introducing of innovative educational approaches. Integrating it into the current system of professional training of future engineers contributes to involving students into engineering practice and expanding connections between disciplines. Fundamental theoretical and professionally oriented knowledge and related competencies form the structure of the content of professional training of future engineers. The necessity of the using of innovative pedagogical technologies in order to organize independent students work taking into account the peculiarities of project activity was determined.

The principles of forming the content of professional training of future engineers in the conditions of project-oriented learning are theoretically substantiated: coordination with the modern requirements for engineering activity, structural unity of content and learning activities for different educational components and at the interdisciplinary level, high-level of software and technical equipment. The criteria of choosing forms are defined by the individualization of the educational process and the diversification of types of engineering activities, which is revealed in combination of traditional learning forms and project activity.

Proposed methodological approaches to implementing of project-based learning during the study of the methodology of project management allow to develop the

professional context of the learning process; to study the foundations of project management is supported by the realization of real-world projects, directed toward the applied problem-solving. Using of computer-aided systems of project management in the learning process as the instrument which allows designing the different projects was considered. It was shown that ability to use the specific computer-aided systems is the important component of engineering training, especially for the case of the multidisciplinary team, when there is the necessity to agree with the problem tasks, solving by experts from different branches. In the context of engineering tasks in the sphere of automation and computer-integrated technologies, the implementation of National Instruments software into the learning process is considered.

The quantity estimation of experimental research was carried out by using the methods of mathematical statistics. For the students of experimental groups, the positive dynamic of the level of formed professional competence was observed with values +0,231 and +0,258 for experimental groups which included students without previous project work experience and with such experience, respectively. Obtained results prove the qualitative changes for members of experimental groups.

Key-words: engineering education, project-based learning, problem-based learning, future engineers, professional competence, competence-based approach, learning objectives.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації

Монографії та розділи монографій

1. Луценко Г. В. Професійна підготовка майбутніх інженерів на засадах проектно орієнтованого навчання: монографія. Черкаси, 2017. 296 с.

2. Lutsenko G. V. Case-study of Mathematics Diagnostic Testing of Ukrainian Engineering Students. Conceptual framework for improving the mathematical training of young people : [monograph] / Eds. prof. N. Tarasenkova, L. Kyba. Budapest, 2016. pp. 145–152.

Статті в зарубіжних і вітчизняних наукометричних виданнях:

3. Lutsenko G. V. Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students. *European Journal of Engineering Education*. London, 2018. Vol. 46, № 6. 2018. 895-910. doi: 10.1080/03043797.2018.1454892.

4. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Проектно орієнтоване навчання: точка зору українських викладачів STEM-дисциплін. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2018. VI (65), Issue: 155. P. 36–39.

5. Луценко Г. В. Проблемно та проектно орієнтоване навчання у контексті потреб української інженерної освіти. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2018. VI (64), Issue: 154. P. 40–43.

6. Луценко Г. В. Програмні засоби National Instruments у навчанні основ ідентифікації об'єктів автоматизації студентів-інженерів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2018. Том. 63, №1. С. 146–161. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1847/1297>

7. Луценко Г. В. Інженерна освіта в постіндустріальному суспільстві. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2017. V (25), Issue 147. P. 22–25.

8. Lutsenko G. V. Collaborative projects for engineering students. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2017. V (61), Issue: 141. P. 41–44.

9. Луценко Г. В. Організаційні аспекти впровадження проектно орієнтованого навчання для студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*. Глухів, 2017. Вип. 35 (3). С. 71–78.

10. Луценко Г. В. Використання гібридного проблемно орієнтованого навчання при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2017. № 9. С. 89–99.

11. Луценко Г. В. Дослідження готовності студентів фізико-математичних та інженерних спеціальностей до проектно-орієнтованого навчання. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2015. Том 36, № 369. С. 89–97.

12. Луценко Г. В. Компетентнісний підхід у контексті математичної підготовки майбутніх інженерів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2015. Том 20, № 353. С. 112–120.

13. Луценко Г. В., Бевз В. П. Організація проектно-орієнтованого навчання майбутніх інженерів у вивченні методології управління проектами. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2015. Том 45, № 1. С. 123–133. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1152/882>

14. Луценко Г. В. Використання засобів LabVIEW у процесі обробки експериментальних даних статистичними методами. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2013. Том. 35, № 3. С. 120–134. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/816/633>

Статті в наукових фахових виданнях

15. Луценко Г. В. Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*. Київ, 2018. № 15. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_8e3bb72673a5449693cdc89b6989a1e4.pdf.

16. Луценко Г. В. Система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*.

Київ, 2018. № 14. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_151df214df5f4138bcbd9c194cba5051.pdf.

17. Луценко Г. В. Огляд сучасних стандартів підготовки інженерних кадрів. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки*. Миколаїв, 2017. № 4 (59). С. 305–310.

18. Луценко Г. В., Козуля Л. В. Аналіз особливостей впровадження проблемно-орієнтованого навчання у системі вищої освіти України. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. Чернігів, 2016. Вип. 138. С. 91–95.

19. Луценко Г. В., Бевз В. П. Проектно-орієнтована інженерна освіта – сучасні тенденції та перспективи. *Вища освіта України*. Київ, 2012. Вип. 3 (46), том 3. С. 70–79.

20. Луценко Г. В. Методика створення модулів обробки експериментальних даних у середовищі LabVIEW. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2012. Том 12, № 225. С. 61–67.

21. Луценко Г. В., Бевз В. П. Особливості професійного формування студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2011. Вип. 209 (Ч. 2). С. 123–128.

22. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Використання автоматизованих систем управління у навчальній та науковій діяльності. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2010. Вип. 189. Частина 1. С. 39–45.

23. Луценко Гр. В., Луценко Г. В. Науково-дослідницька діяльність студентів у творчих колективах як методологічна основа підвищення якості підготовки фахівців. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2010. Вип. 181. Частина 3. С. 137–140.

24. Боть О. М., & Луценко Г. В. Автоматизована інформаційна система дистанційної підтримки навчальної дисципліни. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2009. Вип. 164. С. 63–67.

25. Луценко Гр. В., Луценко Г. В. Створення Internet-порталу «Дифузія та дифузійні фазові перетворення. DIFTRANS». *Вісник Черкаського університету*.

Серія «Педагогічні науки». Черкаси, 2009. Вип. 165. С. 153–155.

26. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Упровадження віртуальних лабораторних практикумів при вивченні фізичних процесів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2008. Вип. 137. С. 159–163.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

Матеріали і тези конференцій

27. Луценко Г. В. Мультидисциплінарні підходи при навчанні дисциплін математичного, природничого та професійного циклів. *Проблеми математичної освіти: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 26–28 жовтня 2017 р.)*. Черкаси, 2017. С. 238–239.

28. Луценко Г. В. Використання діагностичних тестів з математики при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Одеса, 15–16 вересня 2016)*. Харків, 2016. С. 108–110.

29. Луценко Г. В. Дослідження структури математичної компетентності майбутніх інженерів. *Проблеми математичної освіти: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 4–5 червня 2015)*. Черкаси, 2015. С. 129–130.

30. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Використання засобів LabVIEW при вивченні статистичних методів обробки даних. *Проблеми математичної освіти: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 8–10 квітня 2013)*. Черкаси, 2013. С. 277–278.

31. Луценко Г. В. Використання середовища LABVIEW у навчальному процесі для створення модулів обробки графічних даних. *Актуальні проблеми і перспективи дидактики фізики: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Черкаси, 26–28 квітня 2012)*. Черкаси, 2012. С. 34–35.

32. Луценко Г. В. CDIO-ініціатива у контексті інженерної освіти. *Удосконалення форм і методів підготовки професійно компетентних працівників освіти : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 19–20 квітня 2011)*. Черкаси, 2011. С. 68–69.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

33. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Автоматизація наукових досліджень: навчальний посібник для студентів університетів. Черкаси, 2009. 248 с.
34. Луценко Г. В., Луценко Гр. В., Корнієнко С. В. Імітаційне моделювання процесів електродинаміки: лабораторний практикум для студентів університетів. Черкаси, 2013. 70 с.
35. Луценко Г. В. Комп'ютерні технології управління проектами: навчально-методичний посібник для студентів університетів. Черкаси, 2014. 84 с.
36. Луценко Г. В. Системи ідентифікації та моделювання об'єктів автоматизації: лабораторний практикум для студентів закладів вищої освіти. Черкаси, 2018. 58 с.
37. Луценко Г. В. Термодинаміка та теплотехніка: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 16 с.
38. Луценко Г. В. Управління інноваційними проектами: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.
39. Луценко Г. В. Технічні засоби автоматизації наукових досліджень (для студентів спеціальності 7.092502 – комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва): програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.
40. Луценко Г. В. Основи систем автоматизованого проектування: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.
41. Луценко Г. В. Використання середовища LabVIEW у процесі підготовки студентів-фізиків. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. Чернігів, 2011. Вип. 89. С. 315–319.
42. Гриценко В. Г., Луценко Г. В. UML-моделювання інформаційно-аналітичної системи «Навчальний план». *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2011. № 2 (22). URL: http://lib.iitta.gov.ua/706851/1/aisnn_uml.pdf.
43. Луценко Г. В., Люта М. В., Фільченко С. Г. Робота з віртуальними вимірювальними приладами засобами середовища LabVIEW. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2013. № 4(72). С. 15–21.

44. Луценко Г. В., Люта М. В., Головенський М. В., Сторчак О. А. Використання автоматизованих систем управління при розробці інформаційних систем. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2012. № 3. С.19–25.

45. Луценко Г. В., Люта М. В., Попадянець А. В. Автоматизована система управління проектом розробки веб-порталу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2011. №1 (57). С. 36–43.

46. Луценко Г. В., Луценко Гр. В., Товкач С. С., Савісько А. В., Світличний Є. О. Розробка спеціалізованої системи збору даних. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2010. № 3 (53). С. 59–64.

47. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Проектування автоматизованої інформаційної системи у середовищі Rational Rose. *Вісник Київського національного університету технологій і дизайну*. 2009. Вип. 1 (45). С. 30–34.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ЯК ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА	36
1.1. Становлення й розвиток інженерії як особливого виду людської діяльності	37
1.2. Сутність інженерної діяльності та її роль у формуванні сучасної науково-інженерної картини світу	52
1.3. Аналіз системи професійної підготовки майбутніх інженерів в Україні та світі	82
1.4. Ступінь розробленості проблеми дослідження в науковій літературі, інженерній та педагогічній практиці	114
Висновки до розділу 1.....	128
Список використаних джерел до розділу 1	131
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ У ПЕДАГОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ... 146	
2.1. Організація і методика дослідження проблеми професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання	146
2.2. Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання	165
2.3. Методологічні підходи до професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.....	174
2.4. Компетентнісний підхід у системі інженерної освіти та стратегії розроблення освітніх програм, орієнтованих на результат	184
Висновки до розділу 2.....	216
Список використаних джерел до розділу 2	219

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ..... 237

- 3.1. Особливості проектно орієнтованого навчання в системі професійної підготовки майбутніх інженерів..... 237
- 3.2. Принципи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання..... 278
- 3.3. Організаційно-педагогічні умови професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання..... 286
- 3.4. Модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання..... 299

Висновки до розділу 3..... 312

Список використаних джерел до розділу 3 315

РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ ТА ЇЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ..... 327

- 4.1. Структура та цілі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання..... 327
- 4.2. Проектування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання..... 339
- 4.3. Форми, методи й засоби проектно орієнтованого навчання майбутніх інженерів..... 348
- 4.4. Проектно орієнтоване навчання майбутніх інженерів в умовах вивчення методології управління проектами..... 361
- 4.5. Використання сучасних програмних продуктів при впровадженні проектно орієнтованого навчання..... 394
- 4.6. Міждисциплінарні проекти для студентів інженерних спеціальностей..... 404

4.7. Колективні проекти для студентів інженерних та природничо-математичних спеціальностей	409
Висновки до розділу 4.....	424
Список використаних джерел до розділу 4	428
РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ	435
5.1. Характеристика змісту експериментальної роботи та опис процедури експериментального дослідження.....	435
5.2. Результати констатувального експерименту та їх аналіз	440
5.3. Результати формувального експерименту та їх аналіз	466
5.4. Прогностичне обґрунтування професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання	489
Висновки до розділу 5.....	497
Список використаних джерел до розділу 5	501
ВИСНОВКИ	507
ДОДАТКИ.....	514

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. В умовах глобальних трансформаційних процесів, пов'язаних із успішним розвитком особливих технологічних можливостей і фундаментальними соціальними зрушеннями, інженерна діяльність посідає особливе місце серед інших професій, водночас ініціюючи такі зрушення і зазнаючи їх впливу.

Специфіка сучасної інженерії визначає низку вимог до системи професійної підготовки майбутніх фахівців. Зокрема, вона має здійснюватися з урахуванням інваріантної складової інженерної діяльності, що трактується як проектування й розв'язання проблем, та варіативної, що відображає наближені до реальних умови її провадження, у тому числі роботу над проектами визначеної тривалості у складі міждисциплінарних колективів, зростання обсягу науково-технічної інформації, увагу до соціальних, етичних і екологічних аспектів технологічних інновацій, необхідність постійно вдосконалювати професійні якості, самостійно розбудовуючи освітню траєкторію впродовж життя, тощо. Однак такі запити сучасної інженерії залишаються переважно поза увагою системи вищої освіти України, що виявляється в невідповідності між вимогами до загальних компетентностей майбутніх інженерів, серед яких уміння працювати в команді з фахівцями з різних галузей, комунікативні навички, підтримання необхідного рівня професійної компетентності шляхом постійного самовдосконалення, та низьким рівнем їх сформованості в студентів. Відтак, актуальною проблемою професійної підготовки майбутніх інженерів є системне реформування методологічних та організаційних засад професійної освіти з урахуванням потенціалу проектної діяльності, яку трактуємо водночас і як складову інженерної діяльності, і як стрижневу лінію освітнього процесу.

Отже, модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів має здійснюватися на засадах проектно орієнтованого навчання. Для цього необхідно всебічно враховувати наукові напрацювання вітчизняних і зарубіжних учених,

досвід освітян, матеріали провідних акредитаційних організацій у сфері підготовки майбутніх інженерів тощо.

Концептуальні положення щодо забезпечення підготовки майбутніх інженерів в умовах інтенсифікації технологічних змін та ключові вимоги до структури й наповнення професійної компетентності випускників інженерних спеціальностей відображені в Законах України «Про освіту» (2017 р.), «Про вищу освіту» (2014 р.), «Про наукову і науково-технічну діяльність» (2016 р.), Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року (2013 р.), Концепції розвитку освіти України на період 2015–2025 роки, Барселонській декларації «Інженерна освіта для сталого розвитку» (2004 р.), у матеріалах Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій (АВЕТ), Європейської федерації національних інженерних асоціацій (FEANI), Інженерної Ради (ЕС) тощо.

Значний внесок у дослідження теоретичних і методологічних аспектів організації професійної підготовки майбутніх фахівців зробили С. Вітвіцька, С. Гончаренко, Р. Горбатюк, Р. Гуревич, О. Дубасенюк, А. Кузьмінський, О. Коваленко, Е. Лузік, В. Лутай, Н. Ничкало, Ю. Рашкевич, С. Сисоєва, З. Слепкань та ін.; філософських засад формування сучасної науково-інженерної картини світу та філософії освіти – В. Андрущенко, В. Кремень, І. Зязюн, В. Огнев'юк, О. Савченко, П. Саух, Л. Бучареллі, М. Бунге, К. Мітчем, Е. Тоффлер та ін. Концептуальні засади підготовки майбутніх інженерів і навчання технічних дисциплін репрезентовано в працях В. Бикова, К. Дима, К. Едстром, Е. Кроулі, В. Курок, М. Лазарева, П. Лузана, Е. Лузік, Ф. Маффіолі, І. Малмквіста, О. Романовського, В. Сергієнка, І. Сліпухіної, Л. Товажнянського, Ш. Шеппард та ін.; компетентнісно орієнтований, особистісно-розвивальний та навчально-дослідницький підходи до навчання у своїх працях розвивають І. Бех, Н. Бібік, Л. Бірюк, М. Головань, В. Луговий, О. Овчарук, О. Пометун, О. Савченко, Ж. Таланова, Н. Тарасенкова, Д. МакКелланд, Д. Равен та ін.

Специфіку організації проблемно орієнтованого навчання та впровадження його в практику освітньої діяльності студіюють І. Лернер, В. Оконь, О. Матюшкін, М. Махмутов, Г. Барроус, Е. де Грааф, А. Колмос, М. Рубінштейн та ін. Теоретичні

засади проектно орієнтованого навчання й особливості його використання під час підготовки інженерів досліджені в працях П. Блуменфельда, К. Гавіна, К. Дима, А. Колмос, О. Пехоти, Є. Полат, Г. Селевка, Г. Хейтмана, Л. Хелле та ін.

Розвиток «Індустрії 4.0» та глобальна дигіталізації виробництва визначають інформаційну й апаратну складові сучасної підготовки майбутніх інженерів. Теоретико-методичні основи комп'ютеризації освіти й можливості впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітню діяльність висвітлюють В. Биков, Р. Гуревич, М. Жалдак, М. Кадемія, В. Ключко, В. Кухаренко, Н. Морзе, С. Раков, Ю. Рамський, С. Семеріков, О. Співаковський, О. Спирін та ін.

Поряд із цим поза увагою дослідників залишилася проблема системного формування фахових і загальних компетентностей у майбутніх інженерів в умовах інтеграції освітніх компонентів, а саме проектної та інших видів освітньої діяльності.

У контексті зазначеної проблеми потребують дослідження питання адаптивності й гнучкості освітніх програм підготовки майбутніх інженерів, необхідності їх перманентних змін із урахуванням як освітніх потреб, так і потреб сучасної інженерної практики; дотримання сучасних тенденцій міждисциплінарного навчання; визначення програмових результатів навчання для проектної діяльності студентів як особливого освітнього компонента; формування й оцінювання загальних компетентностей як складової їхніх академічних досягнень.

Аналіз поточного стану наукових досліджень і практичних аспектів підготовки студентів інженерних спеціальностей виявив низку суперечностей, зокрема, між:

– потребами працедавців у високій якості професійної підготовки майбутніх інженерів, які володіють широким спектром професійних та особистісних компетентностей, і застарілим наповненням й організацією навчання за чинними освітніми програмами підготовки студентів інженерних спеціальностей;

– принципами студентоцентрованого навчання та самонавчання, що відповідають Стандартам та рекомендаціям щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти, і реальною практикою підготовки майбутніх інженерів;

– мультидисциплінарною природою інженерії й недосконалістю методик інтеграції освітніх компонентів у програмах підготовки майбутніх інженерів на практиці;

– зростанням вимог до системи оцінювання академічних досягнень студентів з урахуванням компетентностей як запоруки підвищення якості професійної підготовки й важливого фактора мобільності студентів і недосконалістю чинних систем оцінювання.

Актуальність проблеми, наявність наведених вище суперечностей і необхідність їх усунення зумовили обрання теми дослідження: **«Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання».**

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідної роботи Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького «Теоретичне та методичне забезпечення якісної математичної освіти загальноосвітніх і вищих навчальних закладів в умовах євроінтеграції» (РК №0115U000639), «Модернізація освітніх програм на засадах проблемно/проектно орієнтованого навчання дисциплін математичної, природничо-наукової та професійної підготовки» (РК №0117U003909).

Тему дисертації затверджено вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 4 від 27 листопада 2014 року), уточнено вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 3 від 14 грудня 2017 року).

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретичних та методичних засад системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, її розробленні та експериментальній перевірці.

Відповідно до мети дослідження сформульовано такі **завдання**:

1. Виявити стан розробленості досліджуваної проблеми в педагогічній науці, практиці та схарактеризувати сутність і роль інженерної діяльності у формуванні сучасної науково-інженерної картини світу.

2. Розробити й теоретично обґрунтувати концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання в університеті.

3. Визначити та обґрунтувати методологічні підходи до професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

4. Визначити й обґрунтувати засадничі положення проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії професійної підготовки майбутніх інженерів.

5. Визначити та обґрунтувати принципи, педагогічні умови та спроектувати модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

6. Розробити систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, визначити зміст, форми, методи, засоби, педагогічні технології.

7. Розробити орієнтоване на використання сучасних програмних продуктів і технологій методичне забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

8. Експериментально перевірити ефективність розробленої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

9. Визначити прогностичні напрями професійної підготовки майбутніх інженерів.

Об'єкт дослідження – професійна підготовка майбутніх інженерів у системі вищої освіти України.

Предмет дослідження – система професійної підготовки майбутніх інженерів у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих та інформаційних технологій в умовах проектно орієнтованого навчання в ЗВО.

Концепція дослідження. Провідна ідея полягає в обґрунтуванні теоретичних і методичних основ системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, спрямованої на розкриття їхнього потенціалу шляхом прямого та опосередкованого залучення їх до розв'язування професійно орієнтованих завдань та інженерного проектування на різних етапах навчання в ЗВО. Побудова системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання має здійснюватися з урахуванням динамічних процесів в освіті та суспільній практиці загалом.

Практичні аспекти використання концепції полягають у розробленні на засадах компетентнісного підходу і впровадженні у вищу інженерну освіту України системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання з метою побудови й упровадження освітніх програм з урахуванням:

- факторів, що є визначальними для інженерії XXI століття, а саме сталого розвитку й здатності майбутніх інженерів відповідально діяти, комплексно враховуючи потреби розвитку й збереження навколишнього середовища, суспільства й економіки, зростання значущості інноваційних рішень;
- сучасних вимог до професійної підготовки майбутніх інженерів, серед яких її стійка прикладна зорієнтованість, спрямованість на чіткі й диференційовані результати навчання, зростання вимог до рівня сформованості загальних компетентностей.

Указана проблема має комплексний характер, що вимагає здійснення наукового пошуку на методологічному, теоретичному й методичному рівнях, а також у площині практичної імплементації отриманих результатів.

Методологічний концепт дослідження системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання відображає взаємозв'язок загальнонаукових і конкретно-наукових підходів до вивчення проблеми, а саме: системного, що в рамках дотримання методологічного принципу всебічності дозволив розглянути професійну підготовку майбутніх інженерів як сукупність структурних і функціональних складників та взаємозв'язків між ними;

особистісно орієнтованого, спрямованого на забезпечення професійної підготовки майбутніх інженерів з урахуванням їхніх індивідуальних особливостей і потреб, створення умов для самореалізації та підготовки до самостійного навчання впродовж життя; діяльнісного, скерованого на інтегроване впровадження проектно орієнтованого навчання у практику освітньої діяльності для забезпечення студентоцентрованості освітнього процесу; синергетичного, що дав змогу розглянути професійну підготовку майбутніх інженерів як відкриту та нелінійну педагогічну систему, що є складним поєднанням динамічних та інтерактивних явищ; акмеологічного, зорієнтованого на створення умов для формування ціннісних установок і розвиток мотивації майбутніх інженерів; компетентнісного, що дав змогу ідентифікувати професійну компетентність майбутніх інженерів як динамічне поєднання фахових і загальних знань, умінь, навичок, досвіду і ставлень, формування яких є метою системи професійної підготовки.

Теоретичний концепт дослідження ґрунтується на філософських позиціях теорії пізнання та її основних принципах, ідеях і теоріях педагогіки, охоплюючи термінологічно-поняттєву базу й систему психологічних та педагогічних концепцій, дефініцій, законів, що формують розуміння сутності й структури системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання і вможливають: обґрунтування організаційно-педагогічних умов професійної підготовки; визначення засад формування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів; розроблення моделі системи професійної підготовки майбутніх інженерів, а також організацію експериментального дослідження, виконання наукового опису досліджуваних фактів і явищ, їх аналіз, узагальнення й синтез.

Методичний концепт репрезентує систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання і передбачає розроблення, впровадження та апробацію орієнтованого на використання сучасних програмних продуктів і технологій методичного забезпечення. На практичному рівні здійснюється експериментальна перевірка ефективності системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання з

використанням розроблених засобів діагностування рівнів сформованості професійної компетентності.

Відповідно до мети і завдань дослідження використано комплекс теоретичних й емпіричних методів.

Серед теоретичних методів слід виділити: ретроспективний, порівняльний і контент-аналіз різних груп джерел для визначення основних етапів становлення інженерії як особливого виду людської діяльності та системи підготовки інженерів, ідентифікації особливостей трактування проблемно орієнтованого навчання у вітчизняній науковій періодиці; термінологічний аналіз для дослідження еволюції понять «наука», «техніка», «інженерія»; уточнення змісту понять «проект» і «проектування» у контексті проблеми дослідження, встановлення взаємозв'язку між ними й місця в поняттєвому апараті дослідників та викладачів; абстрагування для ідентифікації предмета дослідження, конкретизації поняття «професійна підготовка майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання»; аналіз чинних підходів до досліджуваної проблеми; системний аналіз, моделювання та проектування для розроблення системи професійної підготовки майбутніх інженерів; логічне узагальнення та прогнозування з метою формулювання висновків та рекомендацій щодо впровадження проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії підготовки майбутніх інженерів.

Емпіричні методи дослідження охоплюють педагогічне спостереження, вивчення досвіду підготовки майбутніх інженерів у закладах вищої освіти України й світу, анкетування студентів і викладачів з використанням шкали Лайкерта, інтерв'ювання викладачів, педагогічний експеримент, метод вивчення документації та результатів педагогічної діяльності, метод експертних оцінок, метод кейсів, проектно-дослідницький метод, методи математичної статистики (з використанням частотного аналізу, критеріїв Стюдента та Пірсона) для перевірки статистичних гіпотез і ефективності розробленої системи професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання.

Наукова новизна і теоретичне значення отриманих результатів дослідження полягає в тому, що *вперше*:

– розроблено й теоретично обґрунтовано концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, яка відповідає холістичній природі освітнього процесу, інтегруючи інноваційні педагогічні технології та вимоги інженерної практики, забезпечуючи цим перенесення теоретичних знань та вмінь у сферу професійної діяльності; розроблено й обґрунтовано систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що ґрунтується на ідеї гібридного навчання, при якому проектна діяльність майбутніх інженерів є особливим освітнім компонентом, узгодженим зі складовими освітнього процесу; спроектовано модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що містить концептуально-цільовий, змістовий, процесуальний та результативний блоки; обґрунтовано організаційно-педагогічні умови професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання: модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу; системне оновлення змісту освітніх програм шляхом розбудови міждисциплінарних зв'язків і між теорією й практикою, узгодження змістового наповнення дисциплін і тематики проектної діяльності; утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності; організація проектної діяльності студентів у групах; вибір та впровадження сучасного програмного забезпечення широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час виконання завдань проекту, так і для його організації; методичне забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання передбачає використання сучасних програмних продуктів і технологій;

– у контексті проблематики дослідження запропоновано структуру професійної компетентності майбутніх інженерів як сукупності фахових і загальних компетентностей, деталізованих із використанням поняттєво-термінологічного апарату підходів Tuning і Tuning-AHELO й згрупованих за компонентами (когнітивний, діяльнісний, операційно-управлінський,

комунікативно-особистісний); для компонентів професійної компетентності визначено критерії, показники й рівні сформованості (репродуктивний, реконструктивний, реконструктивно-варіативний, творчий);

– запропоновано практичні способи формування програмових результатів навчання для проектної діяльності студентів як складову модернізації освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісної парадигми;

удосконалено:

– зміст дисциплін циклів природничо-наукової та професійної підготовки майбутніх інженерів шляхом розширення діяльнісної складової з використанням сучасного спеціалізованого програмного забезпечення National Instruments;

– засоби навчання як складові системи професійної підготовки майбутніх інженерів шляхом інтенсифікації використання сучасного програмного забезпечення і технологій для управління проектами та інженерного проектування;

подальшого розвитку набули:

– теоретичні й методичні аспекти професійної підготовки майбутніх інженерів у сучасних умовах;

– аспекти організації освітньої діяльності й самостійної роботи майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання з урахуванням ітераційних методів управління проектними розробками для моно- і міждисциплінарних колективних проектів.

Практичне значення дисертації полягає в розробленні та впровадженні в освітній процес: електронних навчально-методичних комплексів дисциплін «Прикладна механіка та основи конструювання», «Термодинаміка і теплотехніка», «Системи проектування, ідентифікації та моделювання», «Технічні засоби автоматизації наукових досліджень», «Програмне забезпечення інформаційних систем і комплексів»; орієнтованих на використання сучасних програмних продуктів і технологій міждисциплінарних проектів з курсів «Прикладна механіка та основи конструювання», «Технологія розробки програмного забезпечення

комп'ютерно-інтегрованих систем», «Термодинаміка і теплотехніка» і «Технічні засоби автоматизації наукових досліджень»; колективних проєктів студентів інженерних спеціальностей, що реалізуються в процесі написання випускних робіт; навчально-методичних матеріалів стосовно використання спеціалізованого програмного забезпечення інженерного призначення компанії National Instruments (навчальний посібник «Автоматизація наукових досліджень» з грифом МОН України, лабораторний практикум «Імітаційне моделювання процесів електродинаміки»); автоматизованої системи управління проєктною діяльністю MS Project (навчально-методичний посібник «Комп'ютерні технології управління проєктами»). Створене навчально-методичне забезпечення може використовуватися у вивченні дисциплін циклів професійної підготовки, написанні курсових, бакалаврських та магістерських робіт, у процесі планування проєктів.

Результати дослідження впроваджені в практику освітньої діяльності таких університетів: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького (довідка 167/3 від 13.06.2018), Одеська національна академія зв'язку імені О. С. Попова (довідка № 04-09/153 від 11.06.2018), Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (довідка № 03-28/02/1748 від 15.06.2018), Українська інженерно-педагогічна академія (довідка № 105-02-66а від 14.05.2018).

Особистий внесок здобувача. Усі представлені в дисертації наукові результати одержані самостійно. У працях, підготовлених у співавторстві, дисертантці належать: методичне обґрунтування та практичне розроблення професійно орієнтованих завдань засобами LabVIEW [26; 33; 34]; практична реалізація UML-діаграм [42]; обґрунтування тематики публікацій, пропозиції щодо діагностування професійних якостей майбутніх інженерів із залученням роботодавців [19; 21]; формулювання проблеми дослідження, опис упровадження проєктів та розроблення методичного забезпечення з використанням MS Project [13]; обґрунтування розроблення й впровадження автоматизованих систем дистанційної підтримки навчальних дисциплін [24]; ідея і практична реалізація опитування [4]; формулювання проблеми, вибір методики дослідження, аналіз

отриманих результатів [18]; опис проектних завдань та методів їх реалізації засобами LabVIEW [43; 46]; обґрунтування використання автоматизованих систем управління в освітній практиці [22; 44; 45; 47]; обґрунтування використання практично орієнтованих завдань у проектній діяльності студентів [23; 25].

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертації представлено й обговорено на наукових конференціях різного рівня:

– міжнародних: «Reforming European Higher Education – From Policy to Practice» (Київ, Україна, 2018), «Actual Problems of Science and Education» (Budapest, Hungary, 2018), «Problems of Humanities and Social Sciences» (Budapest, Hungary, 2018), «Проблеми математичної освіти» (Черкаси, Україна, 2017, 2015, 2013), «Pedagogy and Psychology in the age of globalization» (Budapest, Hungary, 2017), «8th World Conference On Learning, Teaching And Educational Leadership» (Lisbon, Portugal, 2017), International Conference Problem-Based Learning (PBL) «Promoting competences, shaping the future» (Zurich, Switzerland, 2016), «6th World Conference On Learning, Teaching And Educational Leadership» (Paris, France, 2015), «Удосконалення форм і методів підготовки професійно компетентних працівників освіти» (Черкаси, Україна, 2011);

– всеукраїнських: «Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи» (Одеса, 2016), «Інноваційні технології в освіті та вихованні: історія і сучасність» (Глухів, 2015).

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук на тему «Вплив зовнішніх потоків та флуктуацій на коалесценцію при великих початкових пересиченнях» була захищена в 2006 р. в Інституті металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, її матеріали в тексті докторської дисертації не використовувалися.

Публікації. Основні наукові результати дослідження відображено в 47 науково-методичних працях, серед яких: одноосібна монографія – 1, розділ монографії, опублікований мовами Європейського Союзу, – 1, статті в зарубіжних та вітчизняних виданнях, що індексуються в наукометричних базах даних, – 12, статті у фахових журналах і збірниках наукових праць з педагогічних наук – 12,

матеріали конференцій – 6, праці, що додатково відображають результати дисертаційної роботи, – 15.

Структура і обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел (526 найменувань, із них 223 – іноземними мовами) до розділів, загальних висновків, додатків. Загальний обсяг дисертації – 598 сторінок, із них 379 сторінок основного тексту, додатків – 85 сторінок. Робота містить 63 рисунки та 65 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ЯК ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технічних і технологічних новацій, що стають невід’ємною частиною життя кожної людини та суспільства загалом. Інноваційні розробки стають рушійною силою економічних, інформаційних і соціальних змін, які відбуваються на тлі серйозних викликів, пов’язаних з осмисленням відповідальності за майбутнє людської цивілізації та шляхи її розвитку. Особливу роль у житті сучасного суспільства відіграє професійна діяльність інженерів, яка наразі є доволі різноплановою. Серед найактуальніших завдань, що постають нині перед інженерами, – збереження навколишнього середовища та раціональне управління використанням природних ресурсів, забезпечення людства чистою питною водою та відновлюваними джерелами енергії, ефективна ліквідація наслідків стихійних лих, забезпечення рівного доступу до інформації для людей з різних соціальних груп тощо.

Зростання різноплановості та масштабності інженерних задач вимагає осмислення специфіки інженерної діяльності в сучасних умовах і впровадження змін до чинних систем інженерної освіти. При цьому важливим завданням є розмежування понять «наука», «техніка» та «інженерія», що дозволить виділити методичні та теоретичні особливості підготовки майбутніх інженерів порівняно з фахівцями природничо-наукової та математичної спрямованості. Ретроспективний огляд становлення сучасної системи вищої інженерної освіти в Україні та світі спрямований на висвітлення передумов формування теоретично та практично орієнтованих моделей, що склалися в європейських країнах наприкінці ХХ – на початку ХХІ століть, та процесу їх реформування в рамках Болонського процесу. Особливої уваги потребує вивчення чинних механізмів акредитації освітніх програм майбутніх інженерів, що склалися в різних країнах світу, та ідентифікація ключових професійних і особистісних якостей, які мають демонструвати випускники інженерних спеціальностей.

1.1. Становлення й розвиток інженерії як особливого виду людської діяльності

Історія інженерно-технічної діяльності невіддільно пов'язана з історією людства загалом. В історичному контексті, поняття «*техне*» (від. грецьк. *τεχνη* – мистецтво, майстерність) було виділено Арістотелем як один з видів людської діяльності, що спрямовується на створення того, чого не існувало раніше і що не може існувати самостійно, виникаючи в результаті усвідомлення та практичного втілення людиною (Степин, Горохов, & Розов, 1996; Ladyman, 2002). З найдавніших часів інженерно-технічна діяльність спрямовувалася на безпосереднє пристосування природи до задоволення потреб людини, полегшення її побуту.

Визначальним здобутком найдавніших часів, який, щоправда, охопив не одне тисячоліття, стало виготовлення найпростіших знарядь і засвоєння примітивних прийомів їх обробки. Незважаючи на значну тривалість цього періоду, набір технічних засобів, що використовувалися в різних культурах у різних регіонах планети, залишався комбінацією простих механізмів, відомих з давнини. Описаний період відповідно до концепції, запропонованої американським філософом і соціологом Елвіном Тоффлером (1928–2016), відповідає «*першій хвилі*» – аграрному етапу розвитку людської цивілізації, коли використання технологій спиралося на побутовий досвід, а економічною основою всього була земля (Тоффлер, 2000).

Становлення могутніх цивілізацій, які, з одного боку, мали потреби у зведенні масштабних споруд сакрального чи оборонного призначення, розробленні військових машин (катапульт, баліст, таранів тощо), побудові об'єктів міської інфраструктури, та, з іншого – мали достатньо ресурсів для реалізації таких завдань, спричинило появу особливої категорії людей, які могли успішно керувати проектуванням і реалізацією найбільш масштабних задумів.

Надалі, починаючи з епохи Середньовіччя, активного поширення у значенні, близькому до сучасного, набуває термін «*інженер*», що свідчить про становлення інженерії як нової на той час професії. Наприклад, Леонардо да Вінчі мав офіційне

звання інженера (*Ingegnere Generale*) (UNESCO, 2010). Зазначимо, що в епоху Середньовіччя термін «інженерія» традиційно пов'язували з виробництвом та управлінням військовими машинами, а також спорудженням фортифікаційних об'єктів. Тоді ж відбулося виділення інженерної діяльності як окремої професії, що означало формування групи людей, які виконують певну сукупність функцій, соціалізацію такої групи та включення її в товарні відносини (Тяпин, 2014). Водночас прості патріархальні форми інженерної освіти, які базувалися на рецептурно-описовому знанні, перетворилися на підготовку в рамках середньовічних професійних гільдій. Термін «*civil engineering*», який перекладається як «цивільне будівництво», з'явився у VII столітті для позначення невійськової будівельної інженерної діяльності, наприклад, спорудження мостів і доріг, систем водопостачання тощо.

XVII століття повністю змінило існуючий лад, що було зумовлено, з одного боку, науковою революцією, а з іншого – розвитком мануфактурного виробництва, інтенсифікація якого згодом спричинила промислову революцію кінця XVIII – початку XIX століття, сигналізуючи про початок «другої хвилі», яку Е. Тоффлер визначає як індустріальну цивілізацію.

У своїй практичній діяльності людство в період «другої хвилі» орієнтувалося на створення та використання технологічних інструментів, призначених для інтенсифікації масового виробництва, видобутку та переробки природних ресурсів, причому процес виробництва залежав від раціонального використання законів природи (Белл, 1996; Тоффлер, 2000). Таким чином, наукова революція XVI–XVII століть, а згодом і промислова революція привели до активного використання систематизованих і теоретично обґрунтованих результатів наукової діяльності під час розроблення технічних об'єктів і технологій, що від того часу трактується як характерна ознака професійної інженерної діяльності, в якій наукові знання використовуються як реальна виробнича сила (Подлесний, Єрфорт, & Іскрицький, 2004; Бєсов, 2004; Курок, Курок, & Галай, 2013).

У становленні промислового виробництва індустріальної епохи виділяють декілька етапів, що відповідають приблизно 50-річним періодам. Так, перший етап

(1750–1850 рр.) характеризувався масовим упровадженням текстильних машин; другий (1850–1900 рр.) – парових машин і залізничного транспорту; третій (1875–1925 рр.) – електрики та розвитком важкої промисловості; четвертий (1900–1950 рр.) – розвитком машинобудування та масового виробництва і п'ятий період, що розпочався в 1950-х роках, – інформаційних технологій і телекомунікацій. Представлені на рис. 1.1 періоди називаються також хвилями Кондратьєва (К-хвилями, довгими хвилями, суперциклами). Періоди тривалості кожної з хвиль збігаються зі змінами, яких зазнавала світова економіка (UNESCO, 2010).

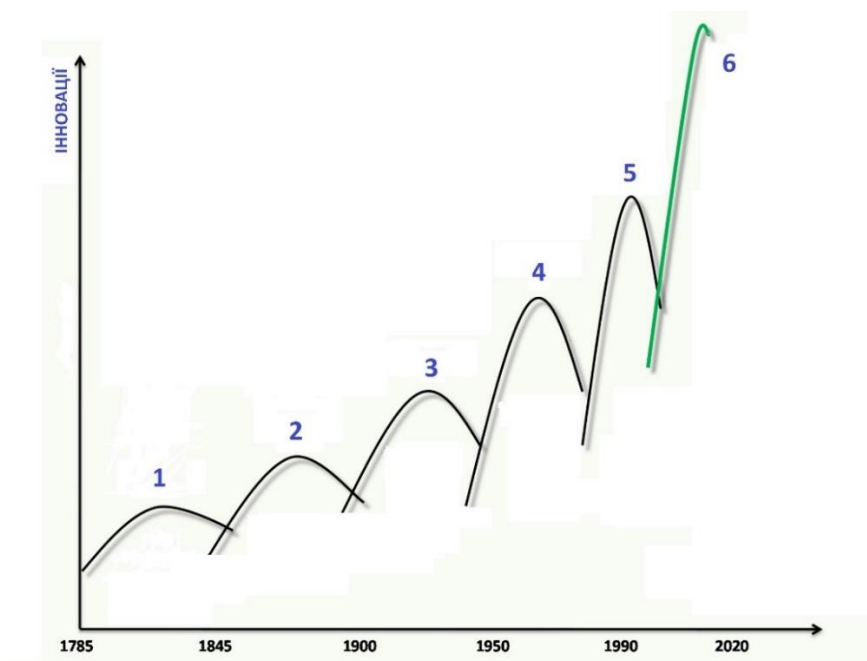


Рис. 1.1. Хвилі інновацій Кондратьєва

Провадження інженерної діяльності в індустріальному суспільстві характеризується низкою особливостей (Чучалин, 2011). Інженери мали працювати над розв'язанням завдань, пов'язаних із дослідженням, проектуванням, створенням та обслуговуванням технічних об'єктів і систем, що використовувалися для інтенсифікації матеріального виробництва. Визначальними у сенсі постановки інженерних завдань і шляхів упровадження розроблених рішень були фірми й корпорації. Індустріальний період характеризується також появою спеціалізованих видів інженерної діяльності, таких як інженерно-дослідницька, інженерно-конструкторська, інженерно-технологічна тощо. У XVIII–XIX ст. відбувається

зародження й становлення інженерної освіти у формах, близьких до сучасних, зокрема внаслідок заснування професійних товариств інженерів. До функцій таких товариств належали здійснення науково-технічних досліджень і підтримка інженерних розробок; формування програм інженерної підготовки для навчальних закладів різних рівнів і формування кваліфікаційних вимог до освітніх програм; оцінювання кваліфікації діючих інженерів і присвоєння звання професійного інженера особам, що склали відповідні випробування.

Кінець ХХ століття ознаменувався настанням *«третьої хвилі»* розвитку цивілізації, яка отримала назву інформаційної. Цей період характеризується переважанням науки та інформаційних технологій (Тоффлер, 2000). На думку Е. Тоффлера, головним чинником *«третьої хвилі»* є вихід за межі накопичення енергії, грошей, влади у сферу, де немає місця для стандартів та централізації, притаманних індустріальному суспільству (Андрущенко, 2016).

Американський політолог Даніель Белл (1919–2011) для позначення такого періоду запропонував використовувати термін *«постіндустріальне суспільство»* (Bell, 1973). Відповідно до концепції Д. Белла, постіндустріальна стадія розвитку є узагальненим поняттям, для опису якого використовують п'ять вимірів (Белл, 1996):

- **економічна сфера:** перехід від виробництва товарів до виробництва послуг, зростання третинного сектору економіки;
- **поділ населення за видом діяльності:** перевага професійно-технічного класу. Д. Белл наголошує, що важливим є не те, де працюють люди, а тип праці, що виконується. Для постіндустріального суспільства характерне різке зростання професійно-технічної зайнятості;
- **осьовий принцип:** провідна суспільна роль теоретичного знання як джерела нововведень, що, своєю чергою, започатковує нові суспільні відносини та політичні структури;
- **прийняття рішень:** створення нової «інтелектуальної технології», пов'язаної з управлінням організованою складністю, розпізнаванням і здійсненням стратегій раціонального вибору;

– **орієнтація на майбутнє:** контроль і планування технології і технологічної оцінки. Мова йде про розвиток систем контролю (на рівні окремих держав і міжнародних організацій) і таких способів оцінювання, які можуть допомогти уникнути або мінімізувати шкідливі побічні наслідки (екологічні, соціальні тощо) від упровадження нових технологій.

Продовжуючи розпочату для індустріальної епохи схему відліку окремих етапів, для постіндустріального суспільства виділяють шостий етап, що розпочався в 1980-х рр. і ґрунтувався на розвитку інформаційних технологій, біотехнологій і матеріалів із наперед заданими властивостями, і сьомий етап, початок якого сягає першого десятиліття XXI століття – сталої «зеленої» інженерії (National Science Foundation, 2003).

Незважаючи на те, що як і будь-яка інша, концепція постіндустріального суспільства (а радше тлумачення цього терміна) донині є предметом активного обговорення, спільним залишається визнання особливої ролі знань у сучасному світі (Naisbitt & Aburdene, 1990; Нейсбит, 2003). Відповідно, терміни «інформаційне суспільство» чи «суспільство знань» часто використовують як синоніми. Е. Тоффлер підкреслює унікальну сутність знань, адже на відміну від матеріальних об'єктів знання можуть відтворюватися, поширюватися й використовуватися практично невичерпно, збагачуючи всіх учасників процесу. Узагальнюючи власні ідеї, Е. Тоффлер стверджує, що для успішного розвитку економіки критичним є забезпечення гарантованого доступу всіх громадян до широких можливостей використання інформації.

Перехід від індустріального до постіндустріального суспільства є переходом від виробництва продуктів до виробництва ідей; від виготовлення до надання послуг, від державного регулювання до ринкового, від монопольного володіння до поширення інновацій (рис. 1.2) (Duderstadt, 2008). Таким чином, у постіндустріальну епоху основним виробничим ресурсом стає кваліфікація працівників, що надає особливої важливості проблемам належної підготовки майбутніх інженерів в умовах високого ступеня інтеграції фундаментальних і

прикладних досліджень, а також міждисциплінарного характеру роботи, що пов'язано із комп'ютеризацією практично всіх сфер сучасної людської діяльності.



Рис. 1.2. Визначальні риси постіндустріального суспільства

Узагальнюючи сказане вище, наголосимо, що сучасна професійна інженерна діяльність використовує *наукові* теорії, *технічні* досягнення, ресурси, що надаються *соціумом* та *природою* для створення сутностей, корисних для *суспільства* (рис. 1.3) (UNESCO, 2010).

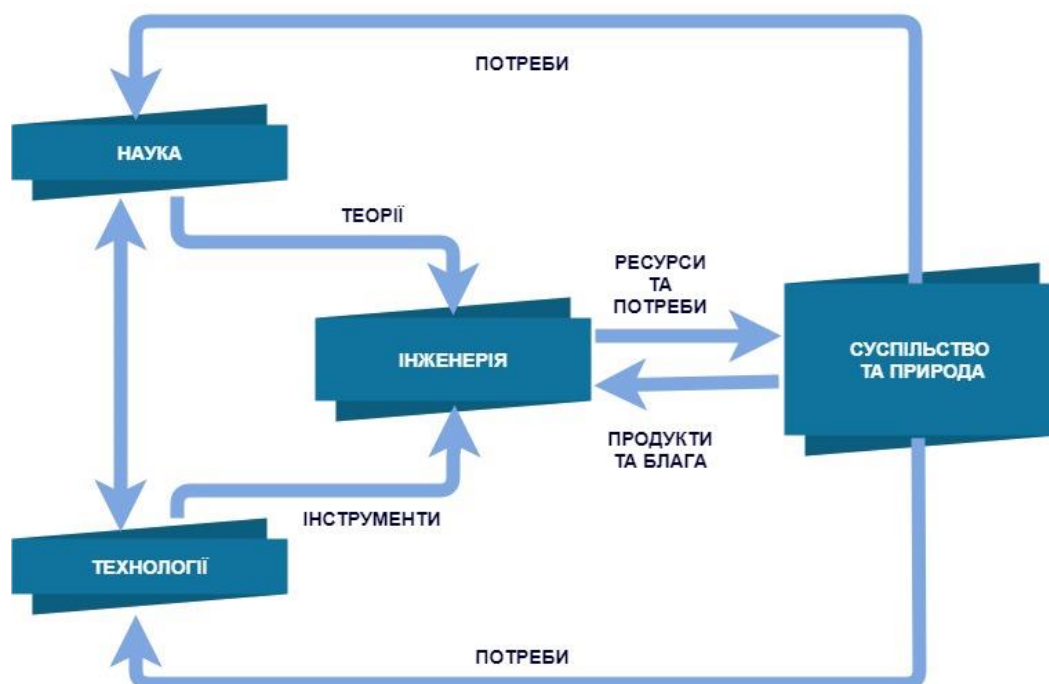


Рис. 1.3. Сучасна інженерна діяльність (адаптовано за матеріалами ЮНЕСКО)

Принагідно наведемо ряд висловлювань, які, не будучи точними визначеннями за своєю природою, тим не менш вдало відображають багатоаспектність інженерної діяльності (Duderstadt, 2008, с. 24). Вільям Вульф,

який протягом певного часу був президентом Національної інженерної академії (США), стверджує, що інженерія – це «проекування за наявних обмежень», наголошуючи на запропонованій Теодором фон Карманом тезі, що метою науки є осягнення природи, а інженерії – створення неіснуючого. Джозеф Бордонья надає перевагу визначенню, запропонованому Фуміо Коямою: «Інженерія – це об'єднання всіх знань задля досягнення певної мети». Нині навіть такі особливі сфери людської діяльності, як мистецтво, освіта, соціальні комунікації використовують найрізноманітніші інженерні розробки. Максимально узагальнено роль професійної діяльності інженерів для життя людства сформульована у статті Шері Шеппард: «Інженерія як професія повинна поліпшувати світ для загального блага» (Sheppard, Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006, с. 430).

У сучасному світі інженерія як професійна діяльність охоплює велике різноманіття видів і галузей. Унаочнимо це твердження за допомогою декількох прикладів.

Звіт ЮНЕСКО, що максимально репрезентує сучасні аспекти інженерії, містить перелік, що налічує 26 галузей інженерної діяльності, кожна з яких ще поділяється за окремими напрямками (всього наведено 49 видів діяльності) (UNESCO, 2010). 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) (МЕРТ України, 2010), містить у переліку 213 позицій професій, у назвах яких є слово «інженер». До згаданого переліку слід додати ще низку 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, як розробник комп'ютерного програмного забезпечення, системний адміністратор також належать до групи інженерних (U.S. Department of Labor, 2008). Якщо ж відштовхуватися від аналізу сфер працевлаштування, відкритих для випускників інженерних спеціальностей, і видів діяльності, які їм доводиться виконувати, то

картина набуває ще більшого різноманіття, адже у XXI столітті інженери можуть бути управлінцями, підприємцями, викладачами, аналітиками тощо (Chatterjee, 2005).

Існує також значна кількість інженерів, що працюють як дослідники. Сучасні інженерні науки, як уже було зазначено, є мультидисциплінарними за своєю природою й об'єднують проектування, біологію, фізику, хімію, математичні дисципліни, а також гуманітарні та соціальні науки й навіть мистецтво, спрямовуючись на задоволення найнагальніших потреб людства (Allen, 2008). У своїй діяльності інженерні науки спрямовані на розроблення нових матеріалів, пристроїв, систем і процесів для найрізноманітніших сфер людської діяльності. Унаслідок своєї специфіки інженерні науки зберігають міцні зв'язки з науково-дослідними установами та підрозділами навчальних закладів. Так, кафедри інженерних наук (Department of Engineering Science) діють в Оксфордському університеті, Університеті Торонто (Канада), Університеті Уппсала (Швеція) та ін.

Як зазначено в статті Ренати Клаассен (2018), до проявів, що вказують на зростання ролі міждисциплінарності в інженерної діяльності, належить, зокрема, включення міждисциплінарних проектів як обов'язкової складової програми діяльності більшості дослідницьких інститутів. Авторка також зазначає, що наразі в наукових публікаціях за певним науковим напрямом більше третини цитованих джерел пов'язані з іншими дисциплінами.

Слід наголосити, що визначення контексту й сутності інженерної діяльності наразі ускладнюється певною *«кризою ідентичності»*, яку переживає сучасна інженерія (Williams, 2003). На думку Р. Вільямс, «інженерія перетворюється у безстрокову професією всього в світі, де технології переходять у науку, мистецтво та управління...». Подібні міркування з'являються і в працях інших дослідників, які зазначають, що глибинні зміни впродовж останніх десятиліть зміщують фокус інженерної діяльності з традиційно технічних питань до «змішаних», для вирішення яких потрібно використовувати інтегровані, адаптивні й орієнтовані на задану проблему підходи (Halbe, Adamowski, & Pahl-Wostl, 2015).

Дійсно, 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 із соціальною відповідальністю й мають розвиватися в напрямі технологій сталого розвитку, враховуючи той незаперечний факт, що технологічний поступ може спричинити шкідливі результати з неочікуваними та непередбачуваними наслідками другого й третього порядку (Bell, 1973).

Джозеф Бордонья (1997), аналізуючи матеріали звітів з питань підготовки майбутніх інженерів у ХХІ столітті, зазначає, що сучасний інженер повинен бути наділений такими якостями:

1. Здатність до виконання інженерного проектування з дотриманням вимог безпеки, надійності, збереження навколишнього середовища, експлуатаційних і матеріально-технічних вимог.

2. Здатність виготовляти об'єкти різних типів.

3. Здатність до створення, використання та підтримання складних систем.

4. Розуміння дослідницької діяльності та участь у ній.

5. Розуміння фізичних концепцій та економічного, виробничого, соціального, політичного та інтернаціонального контексту, що визначає обставини провадження інженерної діяльності.

6. Здатність до неперервного розвитку інтелектуальних навичок для навчання впродовж життя.

Звіт, підготовлений у 2008 році Центром дослідження розвитку освіти Лондонського університету (Bourne & Neal, 2008), 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, нерівність та її подолання.

У таблиці 1.1 наведено узагальнене представлення сучасних та майбутніх потреб інженерії відповідно до тих змін, що зазнає людство при переході до постіндустріального суспільства, та представлено дорожню карту інженерії ХХІ століття. (Duderstadt, 2008). У зв'язку з такими змінами сучасні інженери

потребують нових знань, навичок і компетентностей, серед яких навички з вирішення проблем, управління проектами, комунікаційні навички, робота в команді, навчання впродовж життя, підприємництво, етика тощо (Rugarcia, Felder, Woods, & Stice, 2000; Clough, 2004).

Таблиця 1.1

Узагальнене представлення сучасних та майбутніх потреб інженерії

Проблеми сучасної інженерії	Потреби інженерії майбутнього	Мета
Професійні аспекти		
Вузькоспеціалізовані навички працівників Робоча сила як товар Глобалізація виробництва Небезпека морального застарівання Низький рівень престижності	Висока додана вартість Різноманіття Глобальність мислення Інноваційність Інтегральність Комунікативність Лідерство	Висока кваліфікація Практична орієнтованість Глобалізація Висока додана вартість на світовому рівні Командна робота, коли кожен працівник розглядається як повноправний учасник Високий рівень престижності
Знання		
Експоненціальне зростання обсягу знань Руйнівні технології Застарівання змісту Від аналізу до інновацій Аутсорсинг (субпідряд) і офшоринг досліджень і розробок	Мультидисциплінарність Практичне значення Своєчасність Рекурсивність	Інтеграція науки та технологій Кіберінфраструктура Акцент на креативності та інноваційності Науково-дослідні інститути
Освіта		
Освітні програми ХХ століття Високий відсів студентів Брак практичної навчальної діяльності Непривабливість для абітурієнтів	Гуманітаризація Інтелектуальна широта Професійно орієнтована підготовка Освіта впродовж життя	Освіта впродовж життя (формальна, неформальна та інформальна) Практико-орієнтований випускник Підготовка інженерів у контексті гуманістичної парадигми Розширення різноманіття

Так, критерії Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій, які ми розглянемо детально в підрозділі 1.3, передбачають, що освітні програми

підготовки інженерів у XXI столітті мають спрямовуватися на формування в студентів (АВЕТ, 2015):

- навичок проектувати системи, компоненти чи процеси, які будуть відповідати очікуваним потребам у рамках реалістичних обмежень, що визначаються вимогами економіки, соціальної сфери, політики, етики, охорони здоров'я, безпеки та сталого розвитку;
- загальної підготовки, необхідної для розуміння важливості інженерних рішень для глобальної економіки, навколишнього середовища та соціальної сфери;
- розуміння професійної та моральної відповідальності.

Інженерна Рада Великобританії до переліку компетентностей сучасних інженерів відносить (Engineering Council, 2013): здатність відповідально діяти, комплексно враховуючи потреби розвитку навколишнього середовища, суспільства та економіки, й здатність використовувати уяву, творчість та інновації з метою створення продуктів і сервісів, які підтримують і поліпшують якість навколишнього світу й суспільства. Узагальнюючи зазначене, доречно навести висловлювання, що в XXI столітті «потрібен новий тип інженера, який повністю усвідомлює суспільні аспекти та вміє працювати із соціальними аспектами технологій» (De Graaff & Ravesteijn, 2001, p. 420).

Узагальнюючи низку досліджень, здійснених раніше, у фундаментальній праці з питань інженерної освіти (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014) виділено дві групи факторів, що є визначальними для інженерної діяльності у XXI столітті. До першої з них належать такі фактори, які, на думку авторів, не зазнали суттєвих змін в останні 50 років, тоді як до другої – фактори, значущість яких істотно зростає в останні роки.

Перша група містить такі фактори:

- інженерна діяльність здійснюється відповідно до потреб і вимог (у широкому розумінні) клієнтів і суспільства;
- інженерна діяльність має бути ефективною та рентабельною відповідно до наявних ресурсів;

- основною складовою інженерної практики є створення нових об'єктів, процесів і 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 факторів належать:

- стійкий розвиток, що полягає у зміні парадигми від експлуатації природних ресурсів до їх раціонального використання з урахуванням потенціалу для задоволення потреб наступних поколінь;
- 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;
- зростання значущості інноваційних рішень в інженерній практиці, що вимагає від інженерів бути креативними та ефективними у використанні ідей і технологій для створення нових об'єктів і послуг;
- підприємництво як діяльність, пов'язана зі створенням нової промислової компанії, що передбачає впровадження інновацій.

Проаналізуємо детальніше фактори, вплив яких на інженерну діяльність істотно зріс в останні роки. На світовому рівні значущість дотримання принципів сталого розвитку підтверджена документально шляхом затвердження на Конференції ООН з проблем навколишнього середовища та розвитку, яка відбулася у 1992 р. в Ріо-де-Жанейро, Декларації щодо навколишнього середовища та розвитку (ООН, 1992). Зазначимо, що прийняттю декларації передувала тривала робота з осмислення та узагальнення основних тенденцій розвитку людства.

Текст декларації містить 27 ключових принципів сталого розвитку, дотримання яких спрямоване на встановлення справедливого глобального партнерства, створення нових рівнів співпраці між державами, основними

суспільними секторами та людьми. Основним завданням Декларації щодо навколишнього середовища та розвитку проголошується турбота про людей і дотримання їхніх прав на здорове й 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 завдань пов'язуються із посиленням міжнародного обміну науково-технічними знаннями, розширенням розроблення, адаптації, поширення та передавання новітніх технологій (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Інженерія для сталого розвитку

У 2005 р. ООН оголосила Десятиріччя Освіти для Сталого Розвитку (Decade of Education for Sustainable Development (DESD)). Метою DESD є «інтеграція принципів, цінностей та практики стійкого розвитку до усіх аспектів освіти та навчання» (UNESCO, 2005). На практичному рівні розвиток ідей сталого розвитку починає втілюватися в інтенсифікації «зеленої» інженерії, основні принципи якої подані далі (Abraham & Nguyen, 2003):

1. Інженерні процеси та продукти загалом використовують системний аналіз та інтегральні оцінки впливу на навколишнє середовище.
2. Збереження та поліпшення 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 у своїй основі та залишатимуться такими.

5. Мінімізація споживання вичерпних природних ресурсів.

6. Упровадження безвідходних технологій.

7. Створення таких інженерних рішень, які виходять за межі поточних або найпоширеніших технологій; поліпшення, оновлення та відкриття нових технологій, що допомагатимуть досягати стабільності розвитку.

8. Розроблення та використання інженерних рішень з урахуванням регіональних географії, потреб і культурних особливостей.

9. Активне залучення громадськості та зацікавлених сторін до відпрацювання інженерних рішень.

Вивченню необхідності створення нових парадигм у галузі інженерної практики та освіти, що відповідають потребам сталого суспільства, присвячено низку системних досліджень (АВЕТ, 1995; Clough, 2004; Continental, 2006; Sheppard & Sullivan, 2008). До документів, що є програмними для інженерної діяльності у XXI столітті, належить декларація «Engineering Education for Sustainable Development» («Інженерна освіта для сталого розвитку»), проголошена у 2004 р. в Барселоні (Barcelona Declaration, 2004).

Співавторами декларації є учасники 2-ї Міжнародної конференції з 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 й солідарністю, і 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 (Barcelona Declaration, 2004):

1. Розуміння того, як їхня діяльність пов'язана із суспільством і навколишнім середовищем (локально й глобально), що дозволяє визначити потенційні проблеми, ризики та наслідки.

2. Розуміння внеску власної діяльності в різні культурні, соціальні та політичні контексти та усвідомлення відмінностей між ними.

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

4. Застосування цілісного й системного підходу до вирішення проблем і вміння виходити за межі традиційних способів членування реальності на незв'язані складові.

5. Активна участь в обговоренні й розбудові економічної, соціальної та технологічної політики, щоб допомогти суспільству дотримуватися принципів сталого розвитку.

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

7. Уміння звертати увагу на вимоги громадян та інших зацікавлених сторін, надання їм можливості висловлювати власне бачення розвитку нових технологій та інфраструктури.

Відзначимо, що проголошені принципи відображені в низці акредитаційних вимог до майбутніх інженерів, що фактично перетворює їх з декларативних на такі, що мають формуватися у процесі підготовки інженерів (Луценко, 2017а; Луценко, 2017б).

Вітчизняні дослідники не залишаються осторонь інноваційних тенденцій розвитку інженерної освіти, свідченням чого є їх участь у міжнародних проектах, що фінансуються Європейським Союзом за програмою TEMPUS. У рамках проекту «Вища інженерна освіта для екологічно сталого промислового розвитку» (HETES) аналізувався досвід реформування вищої інженерної освіти в контексті сталого розвитку на прикладі провідних університетів Бельгії, Великобританії, Іспанії та Швеції, у результаті чого дослідники наголошують на важливості впровадження міждисциплінарних підходів, що дозволить майбутнім інженерам краще розуміти вимоги сталого розвитку (Шатоха, 2016).

Європейська федерація національних інженерних асоціацій у 2010 р. затвердила документ з низкою положень, що визначають політику організації у сфері інженерної освіти (FEANI, 2010, р. 2):

- наука, технології та інженерія повинні бути представлені в сучасному, практичному та привабливому вигляді в системі початкової та середньої освіти;
- якість інженерної освіти потребує підвищення;
- фінансування освіти та наукових досліджень має бути збільшене;
- особлива увага має приділятися залученню жінок до інженерії;
- у процесі професійної підготовки має формуватися позитивне ставлення до навчання впродовж життя.

Серед шляхів, що пропонуються FEANI для досягнення поставлених завдань реформування інженерної освіти, зазначено такі (Чучалин, 2011):

- підвищення інтересу до науки й техніки серед молоді;
- підвищення рівня суспільного усвідомлення того, як наука і техніка впливають на якість життя;
- підвищення уваги суспільства до науки та техніки в їх трактуванні як гарантів сталого розвитку людства.

1.2. Сутність інженерної діяльності та її роль у формуванні сучасної науково-інженерної картини світу

У своєму становленні дослідження, пов'язані з осмисленням характеру інженерної діяльності, природи інженерної творчості, проблем відповідальності за збереження навколишнього середовища та наслідки використання новітніх технологій, соціальних аспектів, що стосуються розвитку інженерії, пройшли шлях від розрізнених публікацій інженерів-практиків до потужного філософського напрямку з визначеними предметом та об'єктом.

За жодних умов не викликає сумнівів існування складних зв'язків між наукою, технікою та інженерною діяльністю. Однак у контексті філософських

досліджень природа таких зв'язків трактується по-різному на різних етапах розвитку наукової думки, що впливає на інтенсивність наукового пошуку та напрями його реалізації. Протягом багатьох років феномен техніки хоч і привертав увагу філософів науки, проте сам по собі не був предметом системних досліджень. Однією з причин такої ситуації є трактування техніки як прикладної науки, яка підкоряється всім закономірностям науки загалом й, відповідно, не формує оригінальних філософських викликів (Gabbay, Thagard, Woods, & Meijers, 2009). Очевидно, що таке трактування техніки суттєво обмежує глибину її осмислення, адже феномен техніки включає не лише технічні знання, а й машини та знаряддя, споруди й технічно орієнтовані середовища тощо. Відзначимо також домінуючу роль природничих наук (на відміну від соціальних і гуманітарних) у контексті формування позитивістської картини світу, тоді як техніка й технології нерозривно пов'язані саме з різноманітними сферами людського життя, такими як наука, мистецтво, соціальні комунікації тощо (Кремень & Ільїн, 2005).

Зміна описаної вище ситуації, яка спостерігається в останні десятиліття, пов'язана, на нашу думку, по-перше, з інтенсивним розвитком науки, техніки й технологій, по-друге, з визначенням їх особливої ролі в житті постіндустріального суспільства та усвідомленням цього.

Однією з ознак поступової зміни підходів до осмислення філософських аспектів науки, техніки й інженерної діяльності є формування в 70–80-х рр. XX століття оригінального міждисциплінарного напрямку досліджень – *Science and Technology Studies (STS)* (у дослівному перекладі – *вивчення науки та технологій*), спрямованого на дослідження впливу соціальних, політичних і культурних цінностей на наукові дослідження та технологічні інновації. Нині наукові центри та програми підготовки з STS діють у провідних світових університетах, а також функціонує низка професійних асоціацій в Європі, США та Японії. STS поєднує два напрями, перший з яких вивчає природу та практичні аспекти науки й техніки, а другий зосереджується на можливих наслідках розвитку науки й техніки для людства, зокрема, на тих ризиках, які вони можуть завдавати миру, безпеці,

демократії, економіці, сталості розвитку, навколишньому середовищу тощо (Sismondo, 2004).

Таким чином, розмежування науки, техніки й інженерії, з одного боку, та встановлення зв'язків між ними для подальшого вивчення, з іншого, є непростими завданнями, зважаючи на складність і багатогранність кожного з понять і глибинні трансформаційні процеси у науці, техніці та інженерії у XXI столітті. Видатний історик-філософ Томас Кун у праці «The Structure of Scientific Revolutions» зазначає, що «частина наших труднощів у розумінні глибокої відмінності, існуючої між наукою і технікою, пов'язана з тим фактом, що й науці, й техніці однаковою мірою властивий прогрес» (Kuhn, 1970, p. 161).

Наразі філософія науки є одним із провідних напрямів сучасної філософії та основною дисципліною, в рамках якої вивчаються логіка, етика й епістемологія наукової діяльності та аксіологічні аспекти науки. Своєю чергою, техніка та інженерія також формують широке поле для актуальних філософських досліджень (Van de Poel & Goldberg, 2010). Серед проблем, до яких активно звертаються історики й філософи науки й техніки та фахівці з STS, виокремимо такі: теоретична концептуалізація зв'язків між наукою і технікою; відмінність наукового та технічного підходів до опису й пояснення сутностей (явищ, об'єктів, систем, процесів тощо); проектування та його різновиди в інженерній діяльності; роль моделей в інженерії; роль професійних стандартів у інженерній практиці та ін. (UNESCO, 2010).

Дослідження, що виконуються в рамках філософії науки й філософії техніки (зазначимо, що в останні два десятиліття в окремих працях стверджується необхідність упровадження й використання терміна *філософія інженерії* (Goldman, 2004; Van de Poel & Goldberg, 2010)), відіграють велике значення для формування цілісної науково-інженерної картини світу.

Завдання розмежування науки, техніки й інженерії та встановлення зв'язків між ними доцільно розпочинати зі специфікації досліджуваних понять. Зазначимо, що мова в цьому разі йде не тільки й не стільки про розгляд наявних дефініцій науки, техніки та інженерії (насамперед тому, що їх кількість радше ускладнює

ситуацію, як це було показано вище), а про пошук методології – способу виділити ключові риси понять і, використовуючи ці риси надалі, означити їх відмінності та зв'язки, що є надзвичайно складними, інтерактивними й різними для різних галузей і на різних фазах життєвого циклу. Фактично, мова йде про окреслення базових тенденцій їх сприйняття, а не про формулювання абсолютних критеріїв розрізнення науки, техніки та інженерії. Як зазначають Карл Мітчем та Ерік Шатцберг у праці «Defining Technology and the Engineering Sciences» («Визначення технології та інженерних наук»), дослідження термінологічних аспектів можна здійснювати шляхом вивчення (Mitcham & Schatzberg, 2009):

- походження досліджуваних понять (*etymological definition*);
- специфічних обов'язкових рис, що стосуються суті розглядуваних понять та є критичними для їх представлення (*essential definition*);
- нормативних (формалізованих) описів понять (*prescriptive definition*);
- лінгвістичних характеристик понять (*linguistic definition*);
- значення, якого набувають поняття в сенсі практичного використання (*pragmatic definition*).

У нашому випадку особливий інтерес становлять не формалізовані описи чи їх лінгвістичні характеристики, а саме характерні риси науки, техніки та інженерії в сенсі їх місця та ролі в житті людства.

З погляду філософії наука є складним феноменом, чітка експлікація специфічних рис якої можлива в рамках трьох підходів до її трактування, які доповнюють один одного (Тяпин, 2014), а саме: наука як знання (логіко-гносеологічне трактування); наука як діяльність (діяльнісний підхід); наука як соціальний інститут (соціально орієнтований підхід).

Зазначимо, що протягом багатьох років переважає логіко-гносеологічний підхід. Наприклад, в англійській мові походження поняття «*science*» («наука») виводиться від латинського слова «*scientia*», що перекладається як «знання» («*knowledge*»). Однак використання лише логіко-гносеологічного трактування не може повною мірою розкрити багатство й різноманіття актуальної наукової діяльності; його пізнавальні, методологічні та евристичні можливості істотно

обмежені. Елементами сучасної науки, її засобами й продуктами є й експериментальні засоби, методи дослідження, окремі науковці та спеціалізовані наукові заклади й організації, системи наукової комунікації, спеціалізовані інформаційні системи, які існують і розвиваються в рамках історичних традицій наукової діяльності (Степин, Горохов, & Розов, 1996; Radder, 2009).

Традиційно у філософських дослідженнях наука трактується як «соціально-значуща сфера людської діяльності, спрямована на виробництво та систематизацію знань про закономірності існуючого засобами теоретичного обґрунтування та емпіричного випробування і перевірки пізнавальних результатів для розкриття їх об'єктивного змісту» (Шинкарук, 2002, с. 410). У наведеному тлумаченні наука визначається через підкреслення її епістемологічних і діяльнісних цілей, тобто таких, які пов'язані з отриманням і накопиченням знань та з особливою соціально значущою роллю науки.

Стосовно поняття «техніка» додаткові труднощі з'являються на термінологічно-перекладацькому рівні. Мова йде про особливості вживання термінів «техніка» й «технологія/технології» в науковій практиці різних мов та у процесі перекладу наукових праць (Зуєв, 2010; Зуєв, 2012; Муратова, 2016). Прикладом, що ілюструє вказану термінологічну й перекладацьку неоднозначність, є назва відповідного напрямку філософських досліджень, для якого в україномовній науковій традиції загальноновживаним є термін «філософія техніки», тоді як англійськомовні джерела оперують терміном «*philosophy of technology*» («філософія технології»).

Таким чином, з метою свідомого та коректного використання матеріалів англійськомовних публікацій важливо з'ясувати смислове навантаження, що вкладається в терміни «техніка»/ «технологія» й «*technique*»/«*technics*»/ «*technology*» в українській та англійській мовах.

Зазначимо, що англійськомовні терміни «*technics*», «*technique*» та «*technology*», німецькі «*Technik*» та «*Technologie*», французькі «*technique*» та «*technologie*», як і українські «техніка» та «технологія» мають спільне походження – від грецького слова τέχνη, яке перекладається як «ремесло, мистецтво, майстерність». У

латинській мові, через яку, власне, й відбулося це запозичення, використовувалося словосполучення «*technica ars*» («*мистецтво вмілого виробництва*»). Термін «*технологія*» (*la technologie* (фр.), *die Technologie* (нім.), *la tecnologia* (іт.), *technology* (англ.)), своєю чергою, походить від латинізованої форми поєднання давньогрецьких слів τέχνη (*techne*) та λόγος (*logos*).

Історично так склалося, що при перекладі англійською мовою філософських праць з питань філософії техніки з першої половини ХХ століття як основний відповідник використовується слово «*technology*», хоча можливих варіантів перекладу існує декілька – «*technique*», «*technics*» та «*technology*». Вибір зумовлювався необхідністю максимально широко відобразити сутнісні ознаки технології і відповідно до визначення, введеного в ХІХ столітті Я. Бігелоу, і відповідно до конотацій, запозичених з німецькомовної традиції (Mitcham & Schatzberg, 2009).

Концептуальна відмінність між англomовними поняттями «*technique*» та «*technology*» в сучасних філософських працях розглядається в роботі Евандро Агацці (Agazzi, 1998). Так, використання терміна «*technique*» автор пов'язує з потребою опису практичних навичок, що дозволяють легко й ефективно провадити певну діяльність (наприклад, з метою створення окремих об'єктів, виконання операцій, досягнення цілей). Уважається, що поняття «*technique*» відображає застосування принципу «*know how*» / «*знаю як*», тобто використання сукупності знань, сформованої раніше шляхом кумуляції та передавання конкретного досвіду. В українській мові доречними відповідниками цього терміна є поняття «*методика*» та, відповідно до наведених вище тлумачень, «*технологія*».

Термін «*technology*» трактується Е. Агацці, своєю чергою, як «дослідження та володіння практичними способами використання наукових відкриттів», що відображає застосування принципу «*know why*» / «*знаю чому*». Зазначимо, що використання наукових знань для розв'язання практичних проблем передбачає операції планування та конструювання (пристроїв чи процедур), що пов'язує поняття «*technology*» і «*technique*». Звернімося до особливостей використання цих понять в українській мові.

Великий тлумачний словник сучасної української мови (Бусел, 2005) містить такі визначення:

«Техніка, *и, жін.* 1. Сукупність засобів і знарядь праці, що застосовуються в суспільному виробництві та призначені для створення матеріальних цінностей.

// Галузь людської діяльності, пов'язана з вивченням, застосуванням і вдосконаленням засобів і знарядь праці.

// Галузь застосування засобів і знарядь праці того чи іншого виду).

2. Сукупність машин, механізмів, механічних пристроїв, апаратів.

// Окрема машина або механізм.

3. переважно *чого, яка.* Сукупність прийомів, навичок, що застосовуються в певній діяльності, певному ремеслі, мистецтві.

// Володіння такими прийомами, навиками; професійне вміння, майстерність.

Технологія, *ї, жін.* 1. Сукупність знань, відомостей про послідовність окремих виробничих операцій у процесі виробництва чого-небудь

// Навчальний предмет, що викладає ці знання, відомості.

2. Сукупність способів обробки або переробки матеріалів, виготовлення виробів, проведення різних виробничих операцій тощо».

Виходячи з наведених визначень, підкреслимо, що поняття «техніка» в максимально широкому трактуванні охоплює як матеріальні втілення людської діяльності, так і способи провадження такої діяльності з метою її поліпшення, тоді як наведене тлумачення поняття «технологія» зводиться до сукупності практично орієнтованих відомостей, необхідних, наприклад, для успішного здійснення виробничих процесів.

Наведене у філософському енциклопедичному словнику тлумачення, що описує техніку як «форму перетворювальної людської діяльності, що історично розвивається і здійснюється відповідно до тієї чи іншої раціональної схеми з метою задоволення потреб людини, посилення її здібностей, визволення від влади чужих їй сил природи та суспільства» (Шинкарук, 2002, с. 637), попри виразний акцент на діяльнісному аспекті техніки, містить також необхідність володіння певною раціональною схемою для здійснення такої діяльності. Відповіддю на запитання,

чим є згадана «раціональна схема», на нашу думку, може бути якраз поняття «технологія», що ґрунтується на представленні «технології» як сукупності знань, алгоритмів, прийомів тощо.

Таким чином, ми засвідчуємо об'єктивно обумовлені перетин понять, що відповідає європейській практиці невіддільних техніки-й-технології (Причепій, Черній, & Чекаль, 2009). При цьому слід зазначити, що окреме визначення терміна «технологія» у філософському енциклопедичному словнику відсутнє, що, на нашу думку, підтверджує орієнтацію україномовної філософської традиції на переважне вживання терміна «техніка» в максимально широкому розумінні. Поряд з цим слід відзначити активне поширення терміна «технології» в ситуаціях, коли мова йде про окремі, практично спрямовані сфери людської діяльності (педагогічні технології, інформаційно-комунікаційні технології тощо).

Узагальнюючи можливі підходи до опису «технології»/»*technology*» крізь призму практичного застосування, К. Мітчем виділяє чотири можливі варіанти його сприйняття (Mitcham, 1994):

- технологія як сукупність артефактів чи систем артефактів;
- технологія як форма знань (для проектування, виробництва, експлуатації та використання технологічних артефактів і систем);
- технологія як множина видів діяльності (проектування, виробництво, експлуатація та використання артефактів);
- технологія як вираження вимог виробників і дизайнерів.

Подібне практично орієнтоване визначення техніки подано у «Філософії науки й техніки» (Степин та ін., 1996). Автори стверджують, що в контексті вивчення її феномену техніка має розглядатися як:

- сукупність технічних пристроїв, артефактів;
- сукупність різних видів технічної діяльності, спрямованих на створення таких пристроїв (науково-технічне дослідження, проектування, виготовлення, розроблення окремих елементів технічних систем тощо);
- сукупність технічних знань (рецептурно-технічних, теоретичних науково-технічних, системотехнічних).

Таким чином, аналіз змістового обсягу понять «техніка» та «технологія» відповідно до усталених лінгвістичних традицій різних країн уможлиблює висновок про те, що сучасна філософія техніки невіддільно охоплює змістові поля, представлені обома термінами, та вивчає не тільки особливості технічної діяльності, а й різноманітні аспекти створення й функціонування артефактів – штучних об'єктів, що є результатом такої перетворювальної діяльності, а в окремих дослідженнях – охоплює і технічне знання та інженерну діяльність. Зазначимо, що тут і надалі ми будемо використовувати слово «техніка» як відповідник поняття «*technology*», використовуваного в англomовних публікаціях.

Незважаючи на той факт, що не знайдеться людини, якій незнайоме поняття «інженер», визначення цього поняття охоплює широкий спектр тлумачень, що залежать насамперед від сфери зайнятості респондента, міри його обізнаності із сучасними тенденціями виробничої сфери, інформаційно-комунікаційними технологіями тощо.

Термін «інженерія» походить від латинського слова «*ingenium*», що перекладається як «розум, винахідливість, природжені здібності». Від спільного латинського кореня походить і слово «*ingenera*», що перекладається як «упровадження, генерування» чи «виробництво».

Протягом тривалого часу діяльність інженерів пов'язувалася лише зі створенням та експлуатацією військових машин, для позначення яких у II столітті використовували термін «*ingenious*». Особа, наділена знаннями та вміннями для створення таких машин, називалася «*ingeniator*», тобто «винахідник». Згодом до завдань інженерів додалися цивільні проекти, такі як спорудження доріг, мостів, залізниць, систем водопостачання тощо. Уже в XIX ст. інженерна діяльність трактувалася як «мистецтво керування величезними силами природи для використання для потреб людства» (Gabbay et al., 2009).

Великий тлумачний словник сучасної української мови (Бусел, 2005) визначає поняття «інженер» як «фахівець у якій-небудь галузі техніки з вищою технічною освітою», зводячи його, таким чином, лише до встановлення професійної належності без деталізації сутності здійснюваної діяльності.

Оксфордський словник англійської мови (Soanes & Stevenson, 2003) тлумачить поняття «інженер» зі значимим наголосом на проектуванні та винахідництві: «Інженер – це особа, що проектує, будує чи обслуговує двигуни, механізми чи конструкції, а також, майстерний винахідник чи творець чогось», звертаючи, таким чином, увагу як на рутинний, так і на творчий характер професії інженера.

Наведене визначення суголосне із тлумаченням поняття «інженерна діяльність», що нині трактується як «галузь науки і техніки, пов'язана з проектуванням, будівництвом, а також використанням двигунів, механізмів і конструкцій, а також як галузь дослідження або діяльності, пов'язана зі зміною або розвитком у конкретній галузі» (Soanes & Stevenson, 2003).

Сучасна мультиаспектність інженерної діяльності відзначається у звіті UNESCO «Engineering Initiative», опублікованому в 2010 р., де, зокрема, зазначено: «Інженерія – це галузь чи дисципліна, практика, професія та мистецтво, пов'язане з розвитком, отриманням і застосуванням технічних, наукових і математичних знань для пояснення, проектування, створення, винаходження, оновлення та використання матеріалів, машин, структур, систем і процесів певного призначення» (UNESCO, 2010, р. 24).

Такий підхід, що охоплює поняття «мистецтво» та «техніка» як несуперечливі та взаємодоповнювальні, відповідає античній традиції тлумачення сутності техніки.

Подібним до наведеного вище представлення інженерної діяльності є підхід, запропонований Радою з акредитації у сфері інженерії та технологій, що діє в США (Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) Inc., USA), у рамках якого стверджується, що «інженерія – це професія, в якій знання з математики та природничих наук, здобуті шляхом навчання, експериментальної роботи та практичної діяльності, використовуються з належною перевіркою для розвитку способів економічно раціонального використання матеріалів і сил природи для потреб людства» (ABET, 1995).

З наведеними визначеннями суголосні міркування, репрезентовані в монографії, що стосується питань підготовки майбутніх фахівців до професійної

діяльності (Романовський, та ін., 2011), де подано визначення, що також виводить інженерну діяльність за межі науково-технічної сфери: «Інженер – це фахівець, який, спираючись на теоретичні знання, професійні навички, ділові якості, забезпечує на основі аналізу, розрахунків та інших методів створення, перетворення або підтримку в працездатному стані технічних, технологічних та інших систем із заданими параметрами їх функціонування».

Підсумовуючи зазначене, наголосимо, що ключовою рисою сучасної інженерії є її практична спрямованість, яка потребує врахування наукових знань, досвіду, кодів і стандартів, потреб споживачів, організаційних, правових, економічних, фізичних обмежень, вичерпності ресурсів тощо.

Протягом багатьох років серед дослідників переважало сприйняття техніки й інженерії як складових науки за формулою «техніка – це прикладна наука». Такий підхід відображений у лінійній моделі розвитку інновацій (в англomовних джерелах використовуються різні терміни для її позначення: «*linear model of innovations*», «*pipeline model*», «*Ladder model*», «*assembly-line model*») (Mahdjoubi, 1997). Історичними передумовами появи лінійної моделі розвитку інновацій та її поширення в 50–60-х рр. минулого століття були резонансні наукові відкриття середини ХХ століття – атомна зброя, радар, транзистори, лазер, перші комп'ютери ENIAC, пеніцилін, плазма крові тощо.

З певними відмінностями концепція «наука знаходить – індустрія застосовує» використовувалася не тільки у філософських дослідженнях, а й серед науковців, інженерів-практиків, політичних діячів, економістів тощо (Radder, 2009). Поширення згаданої концепції пов'язується зі спеціальною доповіддю «Science: The Endless Frontier» («Наука: безмежні перспективи»), підготовленою і представленою в 1945 році Ванневаром Бушем (1890–1974), американським інженером і винахідником, професором Массачусетського технологічного інституту (MIT), який під час Другої світової війни очолював Управління з наукових досліджень і розробок (Office of Scientific Research and Development).

У представленій В. Бушем доповіді пропонувався й пропагувався сценарій, за яким державні інвестиції в «чисті» наукові дослідження, спрямовані на вивчення

навколишнього світу, трактувалися як необхідна умова для генерації знань, принципово необхідних для техніки й промисловості, та, зрештою, й для економічного зростання (Goldman, 2004).

Відповідно до лінійної моделі розвитку інновацій (рис. 1.5), наукове дослідження розглядається як первинна основа інновації – дослідження в галузі фундаментальних/чистих наук (*fundamental/pure research*) ініціюють прикладні дослідження (*applied research*), відповідні інженерні розробки та створення й поширення технологічних новинок (*development*) і їх комерціалізацію (*commercialization*)) (Brooks, 1994).



Рис.1.5. Лінійна модель інновацій

Видатний аргентинський філософ Маріо Бунге у праці «Technology as Applied Science» («Техніка як прикладна наука», 1966) запропонував розмежовувати прикладну науку (*applied science/research*) і чисту науку (*pure science/research*), спираючись на мотивацію дослідників та їхні погляди щодо подальшого використання отриманих результатів дослідження. На думку М. Бунге, наукові теорії та методи дослідження можуть використовуватися або для примноження знань про світ, або для посилення добробуту й могутності. Якщо мета наукової діяльності є винятково когнітивною, то ми маємо справу з чистою наукою; якщо переважно практичною – з прикладною (Bunge, 1966). М. Бунге також постулював існування епістемологічної ієрархії між наукою і технологією, відповідно до якої виведені й доведені наукові закони можуть забезпечити обґрунтування для технічних правил. На противагу цьому, отримані інженерами практично орієнтовані правила не можуть бути безпосередньо використані для верифікації наукових законів. Таким чином, лінійна модель розвитку інновацій утверджує випереджувальний розвиток науки стосовно техніки та інженерної практики як необхідну умову розвитку техніки й матеріального виробництва.

Від своєї появи лінійна модель розвитку інновацій зазнавала справедливої критики за двома ключовими аспектами. Перший із них пов'язується з існуванням значної кількості інновацій, які з'явилися, не маючи у своїй основі наукових досліджень і не будучи їх результатом. Однак, як стверджує Ганс Раддер (2009), багато історичних прикладів датується, скажімо, XVIII століттям, виступаючи, таким чином, лише як додаткові в'язі, без заперечення теорії лінійного розвитку загалом. Також, на думку автора, для окремих інноваційних розробок, очевидно, застосовували наукові методи і знання, навіть якщо на зазначеному історичному етапі не існувало загально визнаних наукових теорій для пояснення досліджуваних явищ і процесів. Стівен Голдман (2004) наголошує на існуванні позитивного зворотного зв'язку між наукою та інноваційними розробками, коли комерційно успішні інновації (наприклад, телеграф, ксерокс, комп'ютер) стимулювали наукові дослідження у нових напрямках, що, своєю чергою, приводило до поліпшення наявних аналогів або до створення нового покоління інновацій.

Інший аспект, обговорення якого виникає переважно у працях філософів техніки та фахівців з STS, пов'язаний з тим, що лінійна модель не відображає соціальних й гуманітарних аспектів інноваційної діяльності, які нині розглядаються як невід'ємна частина інженерної практики (Godin, 2006).

Починаючи з 60-х років XX століття, освітні програми з STS, які включали в тій чи тій формі розгляд питань інженерної етики, сприяли появі значної кількості студентів, обізнаних з проблемами навколишнього середовища, політичними та соціальними питаннями. Доречно навести висловлювання Джона Праусніца (1991), який стверджував, що «якщо інженерія – це застосування наукових досягнень на благо людства, то інженери мають вивчати не лише способи застосування наукових досягнень, але й навчатися розуміти сутність блага людства як такого».

Обґрунтованість наведених міркувань не викликає сумніву, особливо в ситуації дедалі більшого впливу техніки та інженерної діяльності на життя людства, в якому технологічні інновації відіграють роль першочергових агентів соціальних змін. Як зазначено в праці «Engineering education: Innovation through integration» («Інженерна освіта: інновації шляхом інтеграції») (Bordogna, Fromm, &

Ernst, 1993, p. 4), «наука – це процес відкриття та створення знань. Інженери також є учасниками цього процесу, але вони також несуть відповідальність за застосування нових знань для створення того, чого ніколи не існувало: інноваційної інтеграції ідей, пристроїв і систем для впровадження змін».

Повертаючись до обговорення ідей М. Бунге, зазначимо, що навіть якщо мета дослідників є суто когнітивною, здійснення експериментальних досліджень в умовах наукової лабораторії, виготовлення відповідного устаткування та робота з ним вимагають належної практичної підготовки. Окрім того, наукова діяльність передбачає не тільки побудову фундаментальних теорій та їх експериментальну перевірку, а й ще один, обов'язковий вид діяльності – приведення фундаментальних теорій, які, як правило, мають складне формалізоване представлення, до спрощеного вигляду, але при цьому придатного для експериментальної перевірки й порівняння з даними, отриманими емпіричним шляхом. Фактично науковцями здійснюється побудова наближених моделей фундаментальних явищ і процесів, які є абстрагованим представленням реальних сутностей. Слід підкреслити, що навіть для випадку одного досліджуваного явища існує можливість побудувати цілу низку моделей, які будуть відрізнятися обраним способом представлення даних і виконання обчислень (наприклад, детерміністичні й стохастичні моделі), точністю тощо. Важливо, що побудова таких моделей або використання апроксимацій є підходом, що широко використовується і в технічній діяльності (Radder, 2009). З іншого боку, утилітарні за своєю природою інженерні завдання можуть бути дуже складними та включати значну кількість маловивчених явищ, що мають досліджуватися саме науковим шляхом. Таким чином, мова радше йде про визначення тих якостей, які є ключовими для чистої і прикладної науки (а техніка трактується саме як остання), а не про їх демаркацію.

Починаючи з 70-х років минулого століття, поширюються міркування стосовно того, що техніка може бути представлена як «*фіналізована наука*» («*finalized science*»). Зазначений підхід ґрунтується на концепції «*фіналізації науки*» («*the finalization of science*»), розробленій групою німецьких філософів, представників штарнбергської групи, зокрема Вольфом Шефером та Вольфангом

Кроном. На думку авторів, запропонований підхід є розвитком і вдосконаленням лінійної теорії взаємозв'язку науки й техніки, за якою остання розглядається як прикладна наука (Krohn & Schafer, 1983). Концепція фіналізації науки пропонує і обґрунтовує модель, за якою нагальні та вмотивовані потреби суспільства можуть стати значущими факторами, визначальними для подальших шляхів розвитку знання.

У концепції фіналізації науки виділяються три стадії, які проходить наукова теорія. На першій з них відбувається накопичення даних емпіричним шляхом і здійснюються перші спроби опису й осмислення отриманої інформації. На другій стадії відбувається побудова наукової теорії, причому фактори, що впливають на процес її формування, є внутрішньонауковими – підвищення точності представлення досліджуваних явищ і процесів й узгодження наявних підходів. Такий перебіг характерний для фундаментальних наукових теорій. На третій стадії відбувається перехід науки до фіналізованого стану (Бейлин, 2013).

В. Шефер і В. Крон пропонують уважати фіналізованою таку науку, яка у виборі напрямів функціонування відгукується на соціальні запити, тобто напрями дослідження визначаються зовнішніми факторами (Krohn & Schafer, 1983). До ознак фіналізації науки належить поява нових форм взаємодії науки і практики, здійснюється впровадження наукових підходів і методів у специфічні предметні галузі, фактично має місце поєднання науки і техніки.

Фіналізація науки описується з використанням поняття «замкнених» («*closed theories*») наукових теорій, які, на думку видатного фізика, одного з творців квантової механіки Вернера Гейзенбера (1901 – 1976), є валідними для багатьох випадків і пояснюють широкий клас явищ, але втрачають внутрішні стимули для власного розвитку (Ziman, 2002; Radder, 2009). Усе ж таки слід зазначити, що подібне визначення «замкненої теорії» описує «граничний» випадок розвитку деякої наукової теорії, адже в дійсній науковій практиці фіналізація однієї теорії може стати відправним пунктом для розвитку наступної.

Відзначимо також спорідненість між ідеєю досягнення наукою фіналізованого стану і розглянутою раніше концепцією зміни наукових парадигм

Томаса Куна (Kuhn, 1970). При цьому, на відміну від підходу Куна, в рамках якого кожна наукова революція змінює панівну наукову парадигму, відкидаючи її, концепція фіналізації науки пропонує реалістичніший варіант, за якого наукова теорія отримує подальший розвиток уже саме як фіналізована наука, орієнтована на потреби соціуму. Ще одним підходом до опису процесів розвитку науки й техніки є їх трактування як автономних, незалежних, але взаємно скоординованих. Така модель отримала назву еволюційної (Степин та ін., 1996). У рамках еволюційної моделі вважається, що, з одного боку, наука на деяких стадіях свого розвитку використовує інструменти, запропоновані технікою для отримання власних результатів, з іншого, техніка використовує наукові результати теж як інструмент для досягнення поставлених цілей.

Гарві Брукс у статті «The Relationship Between Science and Technology» («Взаємозв'язки між наукою і технікою») пропонує дієвий і практично орієнтований підхід, у рамках якого визначає шляхи, за якими наука робить свій внесок в існування й функціонування техніки і навпаки (Brooks, 1994).

Автор виділяє принаймні шість «каналів», за якими наука робить свій внесок у техніку:

- нові знання, що використовуються як безпосереднє джерело ідей щодо нових технічних можливостей;
- джерело інструментів і методик для ефективнішого інженерного проектування та база знань для оцінювання здійсненності спроектованих розробок;
- інструмент досліджень, лабораторних методик та аналітичних методів, що використовуються в процесі досліджень і можуть у підсумку знайти своє місце під час проектування та у виробничій практиці, часто через певні проміжні дисципліни;
- створення бази знань, важливість яких зростає під час оцінювання технічних досягнень у термінах їх впливу на суспільне життя та навколишнє середовище;
- практика досліджень як джерело розвитку та засвоєння нових людських навичок і можливостей, корисних у технічній сфері;

– база знань, що вможливорює вибір ефективних стратегій прикладних досліджень, розвитку та поліпшення існуючих технологій.

Уважаючи, що зворотний вплив, який техніка чинить на науку, є не менш важливим, Г. Брукс пропонує розглядати техніку (Brooks, 1994):

– як джерело недоступних іншим чином інструментальних і методичних засобів відповідно до новітніх, дедалі складніших потреб науки;

– як джерело новітніх наукових питань, а також як шлях надання допомоги щодо розподілення задіяних ресурсів з метою ефективного та своєчасного розв'язання питань, унесених до порядку денного науки.

На нашу думку, запропонований практично орієнтований підхід дозволяє звертати увагу на ті якості, які є взаємовигідними в симбіозі науки й техніки, що склався в ХІХ столітті, та розвивати їх максимально інтенсивно.

У статті А. Клименка (2007) пропонується схематичне представлення наявних поглядів на сутність інженерії та її зв'язки з наукою й виробництвом (рис. 1.6).

Відповідно до рис 1.6 (позиція а) інженерна діяльність визначається оригінальним, переважно практичним досвідом та його застосуванням. Позиція б на рис. 1.6 трактує інженерію як вид діяльності, що збалансовано враховує наукові знання і практичні підходи до їх застосування у виробництві. Зазначимо, що, на думку автора, саме такий підхід відображений у більшості систем підготовки майбутніх інженерів (Klimenko, 2017). Позиція в на рис. 1.6 відповідає трактуванню інженерії як прикладної науки (тобто практичного застосування наукових знань для вирішення проблем), що не дозволяє тлумачити інженерію як самостійне поле знань чи досліджень. Позиція г, рис. 1.6 представляє сучасне трактування інженерії як виду діяльності, що має власну методологію досліджень, подібну, але не ідентичну до методології традиційної науки.

Останнє з наведених трактувань ґрунтується на врахуванні не лише кінцевої мети наукового та інженерного видів діяльності, а й відмінностей у способах їх провадження.

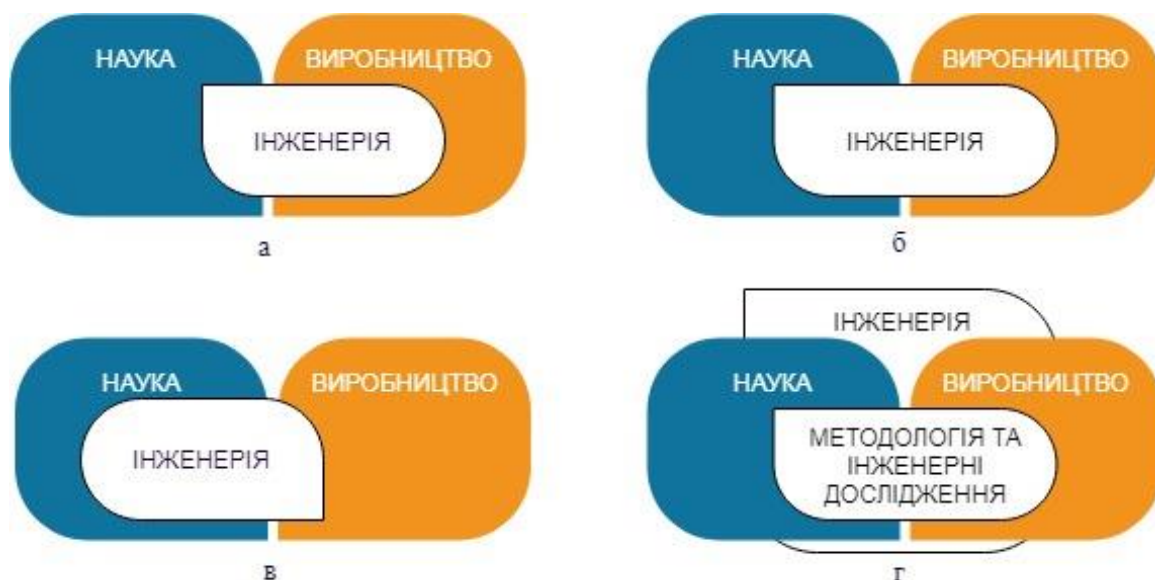


Рис. 1.6. Погляди на сутність інженерії та її зв'язки з наукою й виробництвом

Таким чином, інженерна діяльність може бути описана з використанням системного підходу, у рамках якого формується так зване зовнішнє представлення, коли сутність описується за допомогою атрибутів надсистеми, до складу якої вона входить. Для позначення такого представлення використовується термін «контекст професійної діяльності» (інженерної, у нашому випадку), який трактується як певні умови чи події, які формують середовище, де існує певна сутність чи відбуваються певні події (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014). При цьому контекст є 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 професійної сфери, в якій працює інженер. На думку Ш. Шеппард та її колег, осмислення сутності діяльності інженера XXI століття та наповнення її конкретним змістом може здійснюватися відповідно до одного з трьох найпоширеніших підходів (Sheppard et al., 2006), а саме:

- з позиції дослідників, що вивчають роботу інженерів з метою синтезу певних паттернів поведінки та формування узагальненого представлення про природу інженерної практики;

- з позиції організацій чи окремих представників, безпосередньо залучених до інженерної роботи;
- з позиції представників системи інженерної освіти – викладачів і 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 відповідей на запитання, пов'язані з підготовкою інженерів відповідно до вимог сучасності).

Повертаючись до класифікації, запропонованої Ш. Шеппард та ін. (2006), й усвідомлюючи, що в рамках кожного з підходів буде отримано різні представлення інженерної діяльності, відзначимо, що спільним для перерахованих підходів є те, що, акцентуючи увагу на рефлексії, притаманній роботі інженера, як особливий, властивий саме інженерії вид діяльності, дослідники з різних сфер – філософи, інженери-практики та освітяни виділяють проектування (Simon, 1996).

У педагогічній літературі з питань інженерної освіти поняття «*проектування*» трактується, як «спосіб мислити, застосовувати формалізовані та неформалізовані знання, приймати рішення та діяти з метою створення образу ще неіснуючої сутності» (Evans, McNeil, & Beakley, 1990, с. 517), а «*інженерне проектування*» визначається як «систематичний мисленнєвий процес, під час якого автори генерують, оцінюють та формують концепції для приладів, систем чи процесів, чиї форми та функції задовольняють сформульовані вимоги чи конкретні потреби користувачів при задоволенні визначеного набору обмежень» (Dum, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005, p. 104).

Відповідно до наведених визначень процес проектування потребує систематичної генерації ідей та підходів, що вможливує втілення нових ідей у життя. Слід визначити різницю між винахідництвом та проектуванням. При визначенні проектування слід пам'ятати той факт, що проектувальник працює із замовником, який, у свою чергу, має власне бачення розробки, пов'язане з його орієнтацією на кінцевих споживачів чи користувачів продукту. Проектування є

складним когнітивним процесом, для здійснення якого важливими є такі навички (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005):

- уміння працювати в умовах невизначеності, що відображається у сприйнятті проекту як дослідження або як ітераційного циклу дивергентно-конвергентного мислення;
- уміння бачити загальну картину розробки шляхом підключення системного мислення та системних підходів;
- уміння приймати рішення;
- уміння працювати у команді, думати та спілкуватися з використанням різних за підходами мов проектування.

Тобто, з одного боку, проектування є основою професійної діяльності інженерів, а вміння якісно та з дотриманням вимог його здійснювати – однією з основних професійних якостей (Луценко, 2017а). На прикладному рівні на етапі проектування інженери здійснюють детальний опис проекту, створюють креслення та алгоритми, які описують вихідні об'єкти, процеси та системи.

У статті Ш. Шеппард (2003) інженерну діяльність охарактеризовано як «пошук, створення, оцінку та реалізацію ідей». Наведена характеристика фокусується на визначенні інженерного мислення і при цьому охоплює всі найважливіші аспекти проектування, а саме творення (шляхом пошуку та формування ідей), формування дефініцій та відбір (шляхом оцінювання різних характеристик ідей) та втілення в життя (реалізація ідей). Знання технічних систем та вміння аналізувати недостатньо для повного розуміння процесів, що приводять до успішного синтезу чи проектування. Відповідно, для майбутніх інженерів вивчення механізмів проектної діяльності має вирішальне прикладне значення.

Подібним чином інженерна діяльність деталізується в підході CDIO (Conceiving-Designing-Implementing-Operating), де до складових циклу інженерної діяльності віднесено планування (Conceiving), проектування (Designing), виробництво (Implementing) та використання (Operating) об'єктів, процесів і систем, які не існували до цього і які прямо або опосередковано потрібні суспільству чи певній його частині (Crawley, 2001).

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

Зазначимо, що в праці Ш. Шеппард (2006) для опису характеру роботи інженерів використовується також термін, що має дещо ширше значення – «*вирішення проблем*» («*problem solving*»). У роботі В. Вінсенті «*What Engineers Know and How They Know It*» («Що інженери знають і яким чином вони знають це») (Vincenti, 1990) також зазначено: «Ми можемо розпочати із загальноновизнаного положення, що інженерія займається вирішенням проблем (*problem solving activity*). Інженери діють, маючи справу переважно з практичними проблемами та інженерними знаннями, які одночасно працюють для вирішення проблем та утворюють їх у процесі вирішення».

На нашу думку, саме такий підхід, з одного боку, дозволяє узагальнено представити завдання, які виконують інженери у своїй поточній діяльності, а з іншого – підкреслює важливість використання проектно орієнтованих підходів під час підготовки майбутніх інженерів.

У контексті матеріалу, який буде представлено далі, доречно коротко зупинитися на використанні поняття «*problem*» (детальніше особливості його використання ми розглянемо в розділі, що стосується проблемно орієнтованого навчання). Українською мовою поняття «*problem*» може бути перекладене як «*проблема*», «*питання*», «*завдання*» або «*задача*».

Таким чином, для усталеного англомовного словосполучення «*problem solving*», яке широко використовується в статтях, де йдеться про інженерну практику та інженерну освіту, нам здається доречним використовувати як відповідник словосполучення «*вирішення проблем*», трактуючи саму проблему

максимально широко як будь-яке завдання, що постає перед інженерами. У статті Ш. Шеппард та ін. (2006) наведено визначення з фундаментальної праці М. Рубінштейна «Patterns of Problem Solving» («Моделі вирішення проблем»), у якому проблема визначається як «питання, для якого наразі відсутній розв'язок... Вона [проблема] може бути розв'язана шляхом виконання розрахунків, звернення до наявних праць і зразків чи в результаті таких дій, які допоможуть знайти відповідь серед відомих знань» (Rubinstein, 1975, с. 3). Як правило, інженери вирішують проблеми для підприємств, що працюють у певній сфері протягом певного часу та, власне, й винаймають інженерів для забезпечення власного функціонування надалі. На противагу цьому, науковці є максимально незалежними у виборі досліджуваних проблем і способів їх вирішення, діючи винятково з метою здобуття універсального істинного знання.

Таким чином, при конструюванні інженерного рішення основними факторами, що впливають на вибір способів його знаходження та практичного втілення, є вже наявні технічні рішення, особливості ресурсного забезпечення, соціальні й економічні чинники, тоді як для науковців єдиним критерієм і єдиною в'яззю можна назвати саму Природу (Goldman, 2004; Bulleit, Schmidt, Alvi, Nelson, & Rodriguez-Nikl, 2015). Зазначимо, однак, що для масштабних інженерних завдань з багатьма самостійними завданнями отримані інженерні рішення часто стають надбанням наукової спільноти, а не лише компанії-замовника, отримуючи незалежну й науково обґрунтовану експертну оцінку (Auyang, 2009).

Низка дослідників звертає увагу на особливості використання наукового знання у практичній діяльності інженерів. Очевидно, що інженери застосовують математичні та природничо-наукові теорії й методики для вирішення проблем, однак універсальний характер застосовуваних теорій і методик адаптується до специфіки таких проблем. Тобто спосіб використання, притаманний інженерам, ближчий до того, яким, наприклад, фізики чи хіміки оперують математичними знаннями, надаючи їм характеру інструмента, що споріднює професійну підготовку майбутніх інженерів і фізиків (хіміків, біологів)-дослідників (Луценко & Луценко, 2010).

Аналізуючи особливості інженерної діяльності, Стівен Голдман (2004) підкреслює такі якості наукового знання, як визначеність, універсальність та абстрактність. Звичайно, в процесі наукового поступу можливі ситуації одночасного існування конкурентних наукових теорій. Однак утвердження однієї з них у рамках наукової картини світу чи формування дуалістичного підходу (наприклад, корпускулярно-хвильовий дуалізм) залишається лише питанням часу. Водночас за реальних умов інженерам доводиться вирішувати часткові технічні проблеми, які мають прикладний характер, та діяти за умов невизначеності, що дозволяє знаходити різні, хоча й несуперечливі способи вирішення проблем.

Як показано у праці Ларрі Бучареллі (1994), інженерна діяльність не є інструментальним процесом, а сповнена невизначеності й неоднозначності, за яких не існує рутинних рішень чи єдиного алгоритму для вирішення проблем (Sheppard S. , Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006). Автор досліджує дійсні аспекти практичної діяльності інженерів за матеріалами інженерних проектів, що виконувалися в різних галузях. На його думку, у кожному з випадків інженери-практики діяли в контексті вимог власної *предметної галузі (domain)*, яка у загальному випадку визначається автором як «сукупність думок, дій (операцій) та артефактів, у рамках яких діють проектувальники, працюючи над специфічними аспектами, інструментальною частиною, підсистемами та підфункціями проблеми» (Bucciarelli, 1994, p. 62).

Інженери, які працюють у різних галузях, можуть обмінюватися інформацією з власних предметних галузей, але значення (трактування) ключових концепцій можуть істотно відрізнятися. Більше того, навіть у рамках однієї сфери, вирішуючи ту саму проблему з різними обмеженнями, різні інженери (групи інженерів) дійдуть різних висновків і, відповідно, будуть запропоновані різні рішення.

Подібні міркування висловлює М. Рубінштейн: «При однаковій проблемі, але двох різних системах оцінювання і, відповідно, двох різних критеріях, будуть прийняті різні рішення та отримані різні розв'язки. Це є проблемою проблем, суб'єктивним елементом процедур вирішення проблем і прийняття рішень» (Rubinstein, 1975, сс. 1-2; Sheppard S. , Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006).

Певним компромісом між традиційними напрямками наукових досліджень та інженерною діяльністю стало виділення (переважно після Другої світової війни) окремої групи наук – інженерних (*engineering sciences*). У звіті Американського товариства інженерної освіти (American Society for Engineering Education, ASEE), представленому в 1955 році, інженерні науки навіть за умови здійснення досліджень, пов'язаних з фізичними чи хімічними явищами й процесами, розглядаються як особливий вид професійної діяльності. Перелік інженерних наук містив, зокрема, механіку твердого тіла, механіку рідин, термодинаміку, явища переносу, електромагнетизм, матеріальні структури та властивості, з передбаченням, що згодом до цього переліку буде додано, наприклад, теорію інформації (Auyang, 2009).

Порівняно з природничими чи точними науками інженерні науки створюють додаткові обмеження корисності у процесі наукового пошуку, фактично шукаючи відповідь на запитання «*що може бути корисним?*», виходячи з певних наукових законів і практичних умов. Міркування утилітарності формують особливий вимір інженерних наук. Запитання «*з якою метою? у який спосіб? наскільки якісно?*», що, як правило, відсутні в контексті природничих і точних наук, стають принциповими для інженерної діяльності. Вони представляються за допомогою понять функціональності. Інженери досліджують не тільки фізичну структуру систем, а й такі їх функції чи операції, що виконуються для задоволення зовнішніх потреб (Луценко & Бевз, 2011).

На думку С. Оянґ (Auyang, 2009), інженерні науки можна розподілити на дві групи – фізичні та системні науки. Поняття «*фізичні науки*» описує науки, що вивчають переважно матеріальні явища, наприклад, хімічні чи біологічні (біоінженерія, молекулярна біологія тощо). «*Системні науки*» займаються переважно завданнями створення систем управління й обчислення і орієнтовані на дослідження та побудову штучних об'єктів.

Таким чином, наука продукує та надає в розпорядження інженерів сукупність верифікованих (на певному історичному етапі) знань, які слугують структурними елементами при розв'язанні інженерних завдань. Своєю чергою, техніка забезпечує

інженерів необхідними засобами, що дозволяють перейти від ідей до алгоритмів, що можна використовувати на практиці. Кінцевий результат діяльності інженера, тобто сутності (об'єкти, процеси та системи), створені з використанням наукових знань і технічних засобів, у кожному окремому випадку будуть відрізнятися, оскільки принциповим є спосіб поєднання елементів. Вибір способу для отримання оптимального з практичного погляду результату, є слабкоструктурованим завданням, яке вимагає не лише глибоких теоретичних знань і технічних навичок, а й того, що в статті (Sheppard, Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006) визначається як «*практична мудрість*», а в статті (Bulleit et al., 2015) описується як «*особистий та історичний досвід, який цілеспрямовано використовується*».

Слід відзначити, що еволюція поглядів філософії науки у сфері дослідження основ наукового пізнання і дискурс щодо трактування об'єктивності наукового пізнання в частині відходу від засад строгої раціональності дедалі частіше приводять до необхідності врахування ціннісних аспектів і соціальних факторів, а відповідно, до змін у сприйнятті інженерної діяльності та способів її провадження (Laduman, 2002). До теорій, особливо значущих для філософії науки, та, як це буде показано далі, й для інженерної підготовки, слід віднести позитивізм, який протягом багатьох років залишався основною філософською програмою трактування наукової діяльності (Кремень & Ільїн, 2005).

У своєму становленні позитивістський напрям (від лат. *positivus* – позитивний) пройшов декілька ключових етапів, перший з яких датується 30-ми рр. XIX століття. Перший етап позитивізму характеризується тим, що особливе місце у структурі пізнавальної діяльності відводиться емпіричним методам на відміну від дискусійних та умоглядних засобів, притаманних натурфілософії (Алексеева, Додонов, & Муза, 2010).

Другий етап позитивізму (логічний позитивізм і, згодом, логічний емпіріокритицизм), який виник на початку XX століття, був значною мірою інспірований науковими здобутками вказаного періоду, зокрема працями Альберта Ейнштейна. У поглядах цього періоду особлива вага надається не пошуку абсолютної наукової істини як такої, виходячи з обмеженості наявних засобів

науки, а формуванню придатних для практичного застосування даних, отриманих з досвіду (Липкин, 2015). Значення поняття «емпіріокритицизм» трактується як філософія критичного досвіду. Всі явища, що вивчаються (об'єкти), вважаються такими, що існують скоординовано з дослідником (суб'єктом) (Кремень & Ільїн, 2005). Досвід провадження наукових досліджень зумовив інтерес представників емпіріокритицизму до питань трактування зв'язку між спостережуваними фактами і теоретичними побудовами з виділенням у науковій теорії описової та пояснювальної складових.

Третьою історичною формою є неопозитивізм. Перший варіант неопозитивізму – логічний позитивізм – зародився в 20-х рр. ХХ століття. Його представники займалися питаннями емпіричного аналізу структури наукових знань з використанням загальної теорії мови (Godfrey-Smith, 2003). Відповідно до поглядів неопозитивістів усі висловлювання поділяються на три категорії: логіко-математичні (аналітичні), емпіричні (синтетичні) та метафізичні (науково необґрунтовані). Завданням філософії науки є аналіз наукових висловлювань з метою розроблення ідеальних логічних моделей обґрунтованих наукових побудов (Кремень & Ільїн, 2005). Подальшим значущим етапом позитивізму є постпозитивізм ХХ століття, який зосереджує свої інтереси на логічному аналізі науки, пошуку закономірностей її існування та еволюції. Важливим елементом постпозитивізму став критичний раціоналізм, представлений, зокрема, ідеями Карла Поппера (1902–1994), який розглядав науку не як кумулятивну систему, а як таку, що динамічно розвивається (Поппер, 1983). Говорячи безпосередньо про механізми розвитку науки, слід відзначити ідею порівняння наукових теорій, наявності критичного діалогу між ними, який стимулює динаміку зміни наукової теорії. До істотних досягнень К. Поппера належить також утвердження двох основоположних методологічних принципів науки – принципу теоретичної відносності та принципу розвитку наукового знання (Комаха, 2015).

Подальшим кроком у розвитку філософії науки стали постпозитивістські ідеї історика й методолога науки Томаса Куна (1922–1996). У праці «Структура наукових революцій» Т. Кун розвиває ідею, що науку слід трактувати як явище, що

проходить через періодичні революції, для позначення яких було запропоновано термін «*зміна парадигм*» (Кун, 2001). *Парадигма* розглядається як система орієнтирів наукової діяльності (знань, навичок, норм поведінки), прийнята у певному науковому співтоваристві серед учених, які працюють у спільній галузі досліджень. Таким чином, наука розпочинає трактуватися як елемент культурно-історичного контексту, а парадигма виконує функції так званої дисциплінарної матриці, охоплюючи узагальнення законів науки, філософські характеристики природи, ціннісні орієнтири для здійснення вибору між теоріями (Комаха, 2015).

Узагальнюючи ідеї динамічного розвитку науки, запропоновані К. Поппером та Т. Куном, філософ Поль Фейерабенд (1924–1994) висловив ідею про необхідність існування певної множини конкурентних наукових теорій та альтернативних гіпотез – наукового плюралізму. На його думку, це є запорукою прискорення розвитку науки так само, як і розвиток конкурентних методологічних підходів у визначеному напрямі наукових досліджень (Фейерабенд, 1986). Видатний філософ науки Імре Лакатош (1922–1974) запропонував бачення динаміки науки як зміни «*дослідницьких програм*». Кожна з таких програм складається із незмінного «*жорсткого ядра*», незаперечність якого є визнаною назагал, та «*захисного поясу*», чи «*позитивної евристики*», що передбачає аномалії та проблеми дослідження (Липкин, 2015).

Нині позитивістські погляди традиційно використовуються для відображення «*класичного*» погляду на науку, центральним поняттям якого є «*науковий факт*». З іншого боку, спільною і надзвичайно важливою характеристикою постпозитивістських концепцій (незалежно від їх спрямованості) є всебічний аналіз впливу соціальних, культурних, політичних факторів на процес еволюції наукового знання. Протягом останніх років дискурс у сфері філософії науки з опертям наявні здобутки розглядає питання осмислення перебігу інноваційних наукових процесів.

Починаючи з 80-х років ХХ століття, у філософських дослідженнях активно використовується поняття постнекласичної науки, серед основних рис якої в контексті нашого дослідження слід виділити:

- зміну характеру наукової діяльності, зокрема формування тісних зв'язків науки та виробництва, комп'ютеризація науки;
- поширення міждисциплінарних наукових досліджень, що виражається у функціонуванні комплексних дослідницьких програм.

Філософія техніки як специфічна галузь філософської рефлексії виникає, своєю чергою, у відповідь на розвиток досягнень технічної сфери кінця XIX ст., що дозволили усвідомити техніку як самостійну реальність і спричинили пошук специфічних форм рефлексії цієї реальності. Термін «*філософія техніки*» вперше було використано в 1877 році німецьким ученим Ернестом Каппом (1808–1896).

Практично від самого зародження філософії техніки сформувалися два основні напрями досліджень її феномену – *інженерна філософія техніки* та *гуманітарна філософія техніки*.

Інженерна філософія техніки своїм становленням зобов'язана діяльності інженерів-практиків, які зосереджувалися на виявленні специфічних рис технічного знання, розробленні методологічних питань техніки, вивченні особливостей інженерної діяльності та інженерної освіти, дослідженні перебігу технічного прогресу тощо. Серед праць ранніх представників інженерної філософії техніки слід виділити публікації інженера у сфері машинобудування Алоїза Рідлера (1850–1936) та інженера-механіка Петра фон Енгельмейера (1855–1941).

У своїх роботах А. Рідлер акцентував увагу на ролі інженерії у розвитку суспільства, підкреслюючи, що, окрім ситуацій, коли наукові знання випереджають технічний прогрес, існують випадки, коли саме технічні відкриття закладають основи наукових знань, наводячи, зокрема, приклади таких розділів фізики (теорія пружності, опір матеріалів), що виникли саме завдяки інженерній практиці. Особливу увагу А. Рідлер приділив також питанням раціональної організації інженерної освіти, висловлюючи передові для свого часу ідеї багатогранності інженерної освіти, яка надає можливість інженеру «проникати» в сусідні галузі та бути ефективним управлінцем (Розин, 1997). П. фон Енгельмейер наголошував на необхідності вивчення сутності техніки, її цілей і методів, пошуку меж її компетентності та зв'язків із іншими сферами людської діяльності, прогнозування

майбутніх форм взаємодії техніки та суспільства. Відповідно до концепції Енгельмейера техніка наділена власним існуванням і специфічними законами існування та розвитку, а за своєю природою вона пов'язана із людською волею та прагненням людей до технічної творчості (Митчем, 1995; Розин, 1997).

Глибокий аналіз сутності технічної творчості здійснювали у своїх працях інженери Макс Ейт (1836–1906) та Алан Дюбуа-Реймон (1860–1922), які, хоч і діяли окремо, дійшли до надзвичайно цікавих спроб зіставлення первинного творчого натхнення у свідомості інженера і того, що відбувається у свідомості митця, представника витончених мистецтв.

Розрізнені дослідження філософських питань техніки тривали протягом першої половини ХХ століття, однак справжня активізація інтересу до філософії техніки розпочалася у 60-х роках ХХ століття. Аргентинський філософ М. Бунге, який дотримувався поширеного серед позитивістів переконання в необхідності створення «*наукової філософії*», сформулював власну інтерпретацію техніки, що включала *матеріальні* (інженерна справа, медицина, сільське господарство), *соціальні* (виховання, соціологія, управління), *концептуальні* (теорія інформації) та *загальні* (теорія систем) аспекти, представивши максимально широке філософське бачення філософії техніки з позиції тогочасної інженерії. На думку К. Мітчема (Mitcham, 1994), концепція соціальної технології та технопраксеології М. Бунге близька до ідей «*поетапної соціальної інженерії*» Карла Поппера, яка, своєю чергою, має спільні риси з прагматизмом Джона Дьюї та технократичними підходами.

Гуманітарна складова техніки, що розвивалася Карлом Ясперсом (1883–1969), Габріелем Марселем (1889–1973), Мартіном Гайдеггером (1889–1976), Хосе Ортегою-і-Гассетом (1883–1955), зосереджувалася на розгляді техніки як багатовимірного соціального феномену, аналізі взаємовідносин техніки, людини та культури, відображенні проблематичних аспектів сучасного технологічного суспільства. Останні дослідження у сфері філософії техніки спрямовані на пошук підходів, що дозволили б поєднати сильні сторони інженерної та гуманітарної філософії техніки.

Не ставлячи під сумнів важливість зв'язку між наукою, технікою й інженерією, який, власне, й став історичною основою виникнення й становлення інженерної діяльності, вважаємо за необхідне звернути увагу на трансформаційні процеси останніх десятиліть, що охоплюють практично всі аспекти сучасного буття. До значущих подій, визначальних для контексту інженерної діяльності слід віднести формування концепції сталого розвитку, проголошеної на Міжнародній конференції з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (ООН, 1992), глобалізаційні процеси, інновації у сфері створення нових товарів і послуг. Вони диктують додаткові вимоги й відкривають нові аспекти інженерної діяльності (як і наукової, так технічної), потребуючи побудови специфічних теоретико-методологічних програм, філософських підходів і концепцій.

Протягом останніх двох десятиліть відбувається становлення *філософії інженерної діяльності (philosophy of engineering)* як окремого напрямку досліджень, спрямованого, зокрема, на вивчення евристичної природи інженерної практики, проектування як фундаментальної складової інженерії, інженерної освіти та впливу інженерної діяльності на соціум (Bucciarelli, 2003; Van de Poel & Goldberg, 2010; Michelfelder, McCarthy, & Goldberg, 2013; Bulleit, Schmidt, Alvi, Nelson, & Rodriguez-Nikl, 2015). Підтвердженням активності здійснюваних досліджень є проведення спеціалізованих наукових конференцій та організація серії публікацій, що струються філософії інженерної діяльності та філософії інженерної освіти (Heuwood, 2012). Логіка утвердження філософії інженерної діяльності обумовлена орієнтацією сучасних філософів на дослідження реальної практики науки та розвиток філософії конкретних наук і видів людської діяльності (Білоус, 2013). На глобальному рівні диференціація філософських досліджень зумовлюється еволюцією сучасної науки, для якої властиві міждисциплінарність, комп'ютеризація та виникнення наук нового покоління. Становлення нових напрямів філософських досліджень збагачує розуміння практик, методів і стратегій наукової діяльності в рамках конкретних дисциплін, зокрема й інженерії (Добронравова, Білоус, & Комар, 2009).

Зазначимо, що важливість вивчення питань філософії інженерії (в рамках філософії техніки чи як окремої дисципліни, що є предметом спеціалізованого дискурсу) пов'язується із суто практичними потребами якісної професійної підготовки майбутніх інженерів, наголошуючи на необхідності розвитку рефлексії як значущого елементу будь-якої професійної практики (Schon, 1983).

У підсумку філософські спроби осмислення інженерної діяльності перетворюються на пошук релевантного в контексті сучасного етапу розвитку суспільства способу представлення сутності діяльності сучасного інженера та якостей, якими він має володіти для успішної реалізації власного потенціалу.

1.3. Аналіз системи професійної підготовки майбутніх інженерів в Україні та світі

Визначальним у сенсі становлення інженерії загалом та системи інженерної освіти зокрема став період XVII–XIX століть, до ключових подій якого належать промислова революція та становлення індустріального суспільства.

Перші кроки у формуванні системи інженерної освіти пов'язуються зі створенням в Фрайберзі (Німеччина) в 1702 році школи гірничої справи та металургії. Один із найстаріших закладів вищої освіти технічного спрямування – Чеський технічний університет (на момент заснування – Державна інженерна школа (*Stavovská inženýrská škola*)) був заснований у Празі в 1707 році. У Франції становлення інженерної освіти розпочалося із заснування Національної школи мостів та доріг (*École Nationale des Ponts et Chaussées*) у 1747 році та Школи гірничої справи (*École des Mines*) у 1783 році (UNESCO, 2010).

Особливого значення для становлення системи інженерної освіти набуло заснування в Парижі в 1794 році Політехнічної школи (*École Polytechnique*), яка стала першим технічним університетом, що передбачав навчання студентів-інженерів основ математики та природничих наук. Надалі за безпосереднього сприяння Наполеона у Франції сформувалася революційна на той час система

навчання студентів інженерних спеціальностей, яка ґрунтувалася на фундаментальній теоретичній підготовці та мала відчутний мілітаристський характер, забезпечуючи при цьому збалансоване поєднання фундаментальних та прикладних наук (Klimenko, 2017). Випускники системи політехнічної освіти працювали на підприємствах та в державних організаціях, активно вирішуючи питання поліпшення тогочасної міської інфраструктури, транспортних та комунікаційних систем тощо. Серед знаних випускників французької системи політехнічної освіти – інженер Саді Карно, інженер та філософ Анрі Пуанкаре, інженер та архітектор Густав Ейфель.

Французька модель професійної інженерної підготовки доволі швидко набула поширення в різних країнах, зокрема США, Росії та Німеччині. Першими технічними інститутами на теренах США стали Вест-Пойнт (West Point), створений за зразком паризької Політехнічної школи в 1819 році, Школа Ренсселаер (Rensselaer School), заснована в 1823 році, а також Механічний інститут Огайо (Ohio Mechanical Institute), який розпочав роботу в 1828 році (Jorgensen, 2007). У Росії з метою підготовки гірничих інженерів у 1773 році було засновано Гірничу школу, а вже в 1809 році – Інститут інженерів шляхів сполучення, навчання в якому було організоване відповідно до французької моделі професійної інженерної підготовки та із залученням інженерів із Франції (Klimenko, 2017).

У Великобританії підготовка інженерів спочатку ґрунтувалася виключно на системі «учнівства», що за своєю природою була подібна до підготовки майбутніх членів ремісничих спілок. При цьому основна увага зверталася на практичні аспекти підготовки (Gillard, 2011). Відповідно, освіта більшості практикуючих британських інженерів до XVIII століття здобувалася за межами формальної університетської системи та була відносно слабкою в контексті фундаментальних теоретичних дисциплін. За таких умов повсякденна інженерна практика та процес утілення оригінальних інженерних ідей передували науковому осмисленню фізичних чи хімічних явищ і процесів, що використовувалися (Подлесний, Єрфорт, & Іскрицький, 2004). Зазначимо, однак, що діяльність саме ряду британських

інженерів-практиків, серед яких Томас Севері, Томас Ньюкомен, Джеймс Ватт та ін., заклала підвалини промислової революції XVIII століття.

Намагаючись утримати лідерські позиції в інженерних досягненнях, які сприяли становленню промислової революції та були її рушійною силою в подальшому, та відповідно до політичної ситуації, що складалася на той момент в Європі внаслідок наполеонівських війн, Великобританія заборонила експорт інженерних товарів та послуг на початку 1800-х рр. Проте вже в середині XIX століття в системі інженерної освіти Великобританії розпочалися зміни в напрямі формування науково-університетської системи та зростання частки фундаментальних наук, що стало наслідком визнання нерозривного зв'язку між технікою та наукою. Починаючи з 1821 року, у Великобританії було відкрито декілька навчальних інститутів технічного профілю: в Единбурзі (1821), Глазго та Лондоні (1823). У 1841 році три технічні кафедри запрацювали в коледжі Лондонського університету, а в 40–50-х рр. кафедри технічного спрямування були відкриті в Кембриджському університеті. До характерних рис британської моделі інженерної освіти слід віднести також особливості системи акредитації інженерів. У континентальній Європі урядові комітети визначали кваліфікацію інженерів залежно від отриманої освіти. У Великобританії акредитація зосереджувалася на практичних навичках та інженерній практиці з дотриманням принципу розподілення інженерних компетентностей та академічних (набутих у рамках інженерної освіти університетського типу) (Jorgensen, 2007).

У Німеччині та країнах Північної Європи, починаючи з XVIII століття, паралельно відбувалося становлення двох основних системи інженерної освіти. Перша з них подібно до системи інженерної освіти Великобританії сформувалася на базі технічних шкіл, основним видом навчання в яких було виконання практичних завдань під керівництвом кваліфікованих робітників з промислових підприємств відповідних галузей. Поряд з цим процес навчання передбачав також вивчення студентами низки теоретичних дисциплін: основ математичного аналізу, креслення тощо, спрямованих на розширення інженерних навичок (Sato, et al., 2008). У рамках другої, подібна до французької системи політехнічної підготовки,

пропонувалася академічна інженерна освіта, що надавалася на базі університетів та була спрямована на формування потужних теоретичних знань. Прикладом навчального закладу такого типу став Технологічний інститут Карлсруе, заснований в 1825 році за зразком паризької Політехнічної школи. Зазначимо, що формування німецької моделі інженерної освіти академічного типу тісно пов'язане з діяльністю Вільгельма фон Гумбольдта (Дуда, 1998), який першим сформулював ідеї фундаментальності вищої освіти, відзначаючи надзвичайну важливість нових наукових результатів, виражених у фундаментальних знаннях, для розвитку освіти.

У кінці XIX століття в більшості індустріально розвинених країн Європи сформувалися власні системи інженерної освіти, що ґрунтувалися переважно на французькій та німецькій моделях у випадку класичної університетської підготовки та на традиції практично орієнтованої освіти в випадку технічних шкіл чи так званих університетів прикладних наук.

Відповідно, сучасна система інженерної освіти, що склалася в Європі наприкінці XX – на початку XXI століть, також відображає існування двох основних систем – теоретично та практично орієнтованої. Виходячи з тривалості кожної з програм, одна з них може бути названа «довготерміною» (загальною тривалістю 5–7 років), а інша «короткотерміною» (загальною тривалістю 3–4 роки) (Maffioli & Augusti, 2003). Зазначимо, що для різних університетів відмінність обох програм полягає не тільки й не стільки у формальних аспектах, таких як зазначена тривалість програм, але насамперед у підходах до організації навчального процесу, методиках навчання та викладання.

«Довготермінова» система підготовки, як вже вказувалося, сформувалася в інженерній освіті в XIX столітті під впливом німецької та французької освітніх політехнічних традицій. До основних характеристик такої системи підготовки майбутніх інженерів слід віднести:

- спрямованість на виконання досліджень (що відповідно до переконань В. Гумбольдта мало б зробити університети більш незалежними від впливу політичних сил та промисловості (Гумбольдт, 1998));
- орієнтацію на ґрунтовну теоретичну підготовку.

Окрім того, важливою рисою «довготермінової» системи інженерної освіти є її спрямованість на підтримку індивідуальної (самостійної) роботи студентів. При цьому освітній процес може не регламентуватися певними формальними документами надто строго, а його структура є доволі гнучкою. Як результат, тривалість навчання за таких умов може бути довшою, аніж 5 років.

Наголосимо, що високий рівень академічної свободи як один з факторів, визначальних для організації освітнього процесу, є надзвичайно сприятливим для підготовки майбутніх інженерів до професійної діяльності, зокрема в частині формування здатності критично мислити та приймати самостійні рішення.

Відчуваючи необхідність реагувати на зростаючі потреби промисловості в 1970-х роках, Нідерланди та ряд скандинавських країн розпочали розширення мережі навчальних закладів з «короткотерміновою» (загальною тривалістю 3–4 роки) програмою підготовки інженерів. Такі програми характеризуються виразною практичною спрямованістю підготовки студентів, акцентом на строгому дотриманні організаційних вимог до освітнього процесу та виділенні частини навчального часу на практичну діяльність.

Особливості організації освітнього процесу при підготовці майбутніх інженерів відображено в ряді матеріалів (UNESCO, 2010; Klimenko, 2017). Відповідно до сучасних світових тенденцій напрями інженерної діяльності пропонується розподіляти на три основні категорії, що відрізняються кваліфікаційними характеристиками та вимогами: Engineer (інженер), Engineer Technologist (інженер-технолог) та Engineer Technician (інженер-технік). Відразу зазначимо, що для різних країн наведені назви перерахованих напрямів та кваліфікаційні вимоги можуть відрізняються, тому такий поділ має радше концептуальний характер.

Наприклад, у США згідно з класифікацією освітніх програм підготовки інженерів, запропонованою Радою з акредитації у сфері інженерії та технологій (ABET), виділяються «чисті»/«pure» інженерні програми, які зорієнтовані на теорії та концепції проектування й потребують природничо-математичних знань вищого

рівня, тоді як освітні програми підготовки *«інженерів-технологів»* та *«інженерів-техніків»*, зазвичай, фокусуються на практичних аспектах (АВЕТ, 2015).

Випускники *«чистих»* інженерних програм, як правило, працюють над проектуванням об'єктів, а випускники програм підготовки *«інженерів-технологів»* та *«інженерів-техніків»* – над обслуговуванням устаткування та систем в таких галузях, як будівництво, промислове виробництво, тестування тощо. Подібний підхід існує також і в Австралії, де за результатами успішного завершення освітньої програми тривалістю чотири роки випускник отримує звання бакалавра інженерії (Bachelor of Engineering), а після завершення трирічної програми – бакалавра технологій (Bachelor of Technology) (King, 2008).

Фактично, три зазначені вище категорії інженерної діяльності відображають ті функції, що, як очікується, виконуватимуться інженерами. Як зазначено в статті А. Клименка (2017), сучасному суспільству необхідні інженери для обслуговування технологій, їх покращення, впровадження радикальних нововведень та фундаментальних технологічних змін.

Звичайно, відповідність між категоріями інженерної діяльності та очікуваними професійними ролями жодною мірою не є жорстко фіксованою. Поява інноваційних рішень може відбуватися як у спеціалізованих науково-дослідницьких лабораторіях, так і на виробництві. Однак не можна заперечити того факту, що інженери-техніки мають бути добре знайомі з обладнанням та вимогами до його обслуговування, тоді як фахівці у сфері інженерних наук мають на високому рівні володіти передовими технологіями.

Як уже зазначалося, у Європі протягом тривалого часу *«довготермінова»* та *«короткотермінова»* системи інженерної освіти існували одночасно. Однак унаслідок масштабних процесів, пов'язаних з реформуванням освітньої сфери європейських країн у рамках Болонського процесу, останні два десятиліття ознаменувалися радикальними змінами для обох типів систем.

У 1999 році у відповідь на виклики сучасного ринку праці провідними країнами Європейського Союзу було започатковано Болонський процес, метою якого є впровадження низки масштабних змін у сферу вищої освіти. Цього ж року

представниками 29 європейських країн було підписано Болонську декларацію, основними цілями якої є (Bologna Declaration, 1999; Bologna Communiqué, 2005):

1. Упровадження загальновизнаної системи чітких та порівнюваних освітніх ступенів, а також упровадження додатка до диплома з метою забезпечення можливостей працевлаштування європейських громадян і підвищення міжнародної конкурентоспроможності європейської системи вищої освіти.

2. Упровадження системи вищої освіти, що ґрунтується на двох основних послідовних циклах – бакалавр, або перший цикл тривалістю 3–4 роки, та магістр, або другий цикл тривалістю 1–2 роки. Підготовка доктора філософії розглядається як третій цикл вищої освіти.

3. Усунення перешкод для академічної мобільності студентів і викладачів.

4. Упровадження Європейської кредитно-трансферної системи (European Credit Transfer System (ECTS)), що трактується як «накопичувальна» й може використовуватися в системі «навчання впродовж життя».

5. Сприяння європейській співпраці в забезпеченні якості вищої освіти.

6. Сприяння європейському підходу до системи вищої освіти.

7. Розвиток можливостей для навчання впродовж життя з метою покращення соціальної єдності та надання рівних можливостей.

8. Сприяння збільшенню привабливості європейського простору вищої освіти (European Higher Education Area – EHEA).

9. Розбудова зв'язків між Європейським простором вищої освіти та Європейським простором досліджень (European Research Area – ERA).

У випадку інженерної освіти перераховані цілі розглядаються як цілком раціональні й придатні для практичного втілення, адже система підготовки майбутніх інженерів характеризується високим ступенем орієнтації на поточні та передбачувані потреби ринку праці й активною міжнародною співпрацею.

Повертаючись до запропонованих у рамках Болонського процесу рекомендацій щодо структури та тривалості освітніх циклів, зазначимо, що в термінах кредитів ECTS і з виділенням 60 кредитів на один навчальний рік перший цикл навчання має вміщувати 180–240 кредитів (3 або 4 роки навчання), а другий –

60–120 кредитів (1 або 2 роки навчання). Програма підготовки на певному циклі має бути спрямованою, з одного боку, на підготовку кваліфікованих спеціалістів для ринку праці, а з іншого, успішне її опанування є обов'язковою передумовою здобуття вищого освітнього ступеня.

Як показує досвід останніх десятиліть, для кожної з країн європейської спільноти шлях до адаптації діючих освітніх програм підготовки майбутніх інженерів до вимог Європейського простору вищої освіти має свої особливості, що залежать від специфіки чинної національної системи (Klimenko, 2017).

Традиційна система підготовки інженерів у Німеччині передбачала можливість закінчення чотирирічної програми навчання в університетах прикладних наук (*Fachhochschule – University of Applied Science*) або п'ятирічної програми в технічних університетах (*Technische Hochschulen – Institutes of Technology or Technical Universities*). Після приєднання до Болонського процесу в німецьких університетах була поступово впроваджена послідовна система рівнів «бакалавр» та «магістр» (Sato, et al., 2008). У Франції з метою пошуку оптимальних шляхів реформування системи освіти було створено спеціальну комісію з інженерних кадрів. Відповідно до пропозицій комісії було впроваджено спеціалізований диплом для студентів інженерних спеціальностей, що відповідає перехідному циклу між рівнем техніка вищої кваліфікації та рівнем інженера, якому відповідає другий цикл освіти. Було також утворено два нові типи магістерських програм: магістр наук (обсягом 120 кредитів) та магістр практичного спрямування. В Італії жорстка система «3+2» була законодавчо введена в усіх університетах (Maffioli & Augusti, 2003).

У Польщі вищу освітню підготовку інженерів здійснюють класичні університети та професійні вищі школи. Випускники вищих шкіл отримують ступінь «ліценціата», що відповідає ступеню європейського бакалавра, після завершення навчання, що триває 3 або 3,5 роки. Ступінь «інженер» присвоюється випускникам за умови, що в програмі підготовки не менше, ніж 50 % загального навантаження відводиться на викладання технічних предметів. Для отримання ступеня магістра потрібно завершити 4–6 річний магістерський курс, або 2–2,5-

річний курс на основі попередньо здобутих ступенів «ліценціат» або «магістр» (Войдила, 2017).

У Швеції, як і в інших скандинавських країнах, до підписання Болонської декларації співіснували короткотермінові інженерні програми тривалістю три роки, що завершувалися присвоєнням ступеня бакалавра, та довготермінові п'ятирічні програми, по завершенні яких присвоювали ступінь магістра. Після приєднання Швеції до Болонського процесу завданням системи вищої освіти країни став пошук шляхів збереження п'ятирічних інженерних програм, які довели свою ефективність.

Подібна ситуація спостерігається й у Великобританії, де також існувало декілька видів інженерних освітніх програм. Зазначимо, що, незважаючи на той факт, що саме система вищої освіти Великобританії традиційно оперує поняттями «бакалавр» та «магістр», які використовуються і для позначення першого та другого освітніх циклів відповідно до Болонської декларації, вона має ряд особливостей. Традиційна програма підготовки бакалаврів (*Bachelor of Engineering* або *Bachelor of Science*) у Великобританії триває три роки. Закінчення програми підготовки на рівні бакалавра є обов'язковою вимогою для вступу на програму магістерського рівня тривалістю 12 місяців, що завершується присвоєнням кваліфікації *Master of Science*.

Водночас у Великобританії протягом тривалого часу існує особлива чотирирічна система підготовки інженерів, що без будь-яких інших вимог приводить до присудження наукового ступеня *Master of Engineering*. Така підготовка здійснюється відповідно до концептуальних та організаційних засад, близьких до «довготермінового» циклу континентальної Європи, що виражається, насамперед, у спрямованості на фундаментальну теоретичну підготовку. Основна відмінність трирічних та чотирирічних програм проявляється на етапі сертифікації випускників. Мова йде не про отримання наукового ступеня бакалавра (єдиною умовою для цього є успішне виконання програми навчання), а про індивідуальну сертифікацію випускників та їх реєстрацію в національному чи міжнародному реєстрах професійних інженерів. Так, трирічні програми надають можливість

отримати професійну реєстрацію на рівні *Incorporated Engineer (IEng)*, а чотирирічні – на рівні професійного інженера вищого рівня *Chartered Engineer (CEng)* (Engineering Council, 2013).

На рис. 1.7 схематично представлено наявні нині траєкторії здобуття вищої інженерної освіти в Європі. Таким чином, у більшості країн Європи в системі інженерної освіти використовуються наукові ступені: *Bachelor of Science* (бакалавр наук), *Master of Science* (магістр наук) та *Doctor of Science* (доктор наук), які присвоюються після завершення програм, що передбачають серйозну теоретичну підготовку. Як правило, в офіційних документах (начальних планах, дипломах випускників) наукові ступені відображаються із зазначенням обраної сфери професійної діяльності (наприклад, *Bachelor of Science in Electrical Engineering*). Поряд з цим використовуються ступені *Bachelor of Engineering* та *Master of Engineering* для інженерних програм підготовки, що мають практичну спрямованість.



Рис. 1.7. Траєкторії здобуття вищої інженерної освіти в Європі

За даними Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій (ABET), перелік програм підготовки інженерів у США охоплює близько 50 основних напрямів. У Канаді існує понад 20 основних освітніх програм та близько 50 їх комбінацій з іншими галузями знань. У Великобританії також діє близько 20 основних інженерних програм, а також діють міждисциплінарні програми, що включають як додаток до основної програми підготовки інженерів такі дисципліни, як управління

бізнесом, менеджмент, іноземні мови тощо. В Австралії підготовка фахівців у галузі техніки та технологій здійснюється за 40 основними програмами, в Японії – за 20 основними програмами з додатковими інтегрованими спеціалізаціями, багато з яких пов'язані зі збереженням навколишнього середовища (Чучалин, 2011).

Найпоширенішими програмами підготовки бакалаврів у світі є механіка (Mechanical Engineering), хімічні технології (Chemical Engineering), будівництво (Civil Engineering), матеріалознавство, (Material Science), комп'ютерна інженерія (Computer Engineering), гірнича справа (Mining Engineering) та ін.

Характерною ознакою останніх років є поява міждисциплінарних програм для освітніх ступенів «магістр» та «бакалавр», спрямованих на підготовку майбутніх фахівців з інженерії й управління або економічних наук. До поєднань, які пропонуються вступникам найчастіше, належать: матеріалознавство та інженерія (Material Science and Engineering), використання виробничих процесів та механіка (Manufacturing Processes Option within Mechanical Engineering), будівництво та організація управління (Construction engineering and Management Option in Civil Engineering), електроніка та управління (Electronic Engineering with Business management) тощо.

У ХХ столітті становлення інженерної професії супроводжувалося створенням професійних товариств інженерів, заснуванням спеціалізованих видань, проведенням конгресів інженерів, конференцій тощо. У цей же час відбувалося становлення спеціальних організацій, наділених повноваженнями сертифікації інженерних освітніх програм. Виняткова роль професійних спілок інженерів у питаннях акредитації програм підготовки студентів інженерних спеціальностей у США та країнах Європи зберігається й нині (Луценко, 2017б).

У США та більшості європейських країн оцінювання якості надання інженерної освіти здійснюється за двома напрямками. Перший з них передбачає аналіз освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей у різних навчальних закладах у контексті їх відповідності акредитаційним умовам. Другий напрям пов'язаний із оцінюванням професійних якостей випускників інженерних спеціальностей шляхом індивідуальної сертифікації та реєстрації.

Як зазначалося вище, в більшості країн акредитацію освітніх програм інженерної освіти та сертифікацію спеціалістів можуть виконувати неурядові організації, наприклад, професійні спілки інженерів чи спеціальні органи, які належать до їх складу. До провідних світових організацій у сфері розроблення сучасних критеріїв, процедур та методів оцінювання якості освітніх програм належать Рада з акредитації у сфері інженерії та технологій (США), Європейська федерація національних інженерних асоціацій (Європа), Інженерна Рада (Великобританія), Австралійський інститут інженерів (Австралія), Комісія з акредитації у сфері інженерної освіти (Японія), Канадська рада з акредитації у сфері інженерії та технологій (Канада), Агентство з акредитації освітніх програм у сфері інженерії, інформатики, природничих наук та математики (Німеччина).

Рада з акредитації у сфері інженерії та технологій (*Accreditation Board for Engineering and Technology – ABET*) є неурядовою організацією, створеною в 1932 році в результаті спільного рішення низки інженерних товариств США. Нині членами АБЕТ є 35 професійних та технічних співтовариств інженерів з різних галузей. З 1936 року Рада почала здійснювати процедуру сертифікації програм підготовки інженерів відповідно до власних критеріїв. Нині до сфери повноважень Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій належать чотири галузі – прикладні науки, інженерія, технології та комп'ютерні науки (АБЕТ, 2017). Кожному з напрямів відповідає спеціалізована комісія, що розробляє акредитаційні критерії та здійснює процедуру перевірки поданих матеріалів:

- Акредитаційна комісія у сфері прикладних наук (*Applied Science Accreditation Commission (ASAC)*);
- Акредитаційна комісія у сфері комп'ютерних наук (*Computing Accreditation Commission (CAC)*);
- Акредитаційна комісія у сфері інженерії (*Engineering Accreditation Commission (EAC)*);
- Акредитаційна комісія у сфері технологій (*Engineering Technology Accreditation Commission (ETAC)*).

Результати акредитації освітніх програм, що здійснюється за участі Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій, визнаються й на світовому рівні. Наразі АВЕТ розглядає тільки діючі програми, за якими було здійснено хоча б один випуск студентів. Станом на 2016 рік АВЕТ було акредитовано понад 3000 програм у понад 750 університетах та коледжах 30 країн. Процес акредитації освітніх програм є добровільним і застосовується до окремих програм, підготовка за якими провадиться в навчальному закладі. Уже акредитовані програми повинні проходити повторне оцінювання кожні шість років.

Важливе значення для системи інженерної освіти мають критерії АВЕТ, які, з одного боку, визначають детальні вимоги до освітніх програм підготовки інженерів, а з іншого, дозволяють відстежувати бачення інженерної діяльності загалом (АВЕТ, 2015). Так, наприклад, АВЕТ вимагає, щоб усі випускники інженерних програм освітнього ступеня «бакалавр» принаймні протягом одного року вивчали природничі науки, фізику та математику. До вимог АВЕТ також належить обов'язкове виконання кожним зі студентів дипломного проекту.

Саме АВЕТ одна з перших опублікувала оновлені критерії інженерної професії, що розглядається як один з поворотних моментів в історії інженерної освіти (Engineering Accreditation Commission, 1996). Критерії EC2000 вперше змістили акцент під час акредитації програм від їх наповнення (того, який матеріал вивчається) до програмових результатів (які якості мають демонструвати випускники освітніх програм підготовки інженерів після завершення навчання). Відповідно до вимог АВЕТ випускники освітніх програм підготовки інженерів мають демонструвати досягнення якостей, наведених у таблиці 1.2 (АВЕТ, 2015).

Критерії АВЕТ у сфері технологій, прикладних наук та комп'ютерних наук містять подібні переліки з деталізацією змістового наповнення та практичних навичок відповідно до сфери спеціалізації випускників (Goel, 2006). Дотримання критеріїв АВЕТ вносить елемент стандартизації в сенсі наповнення та функціонування освітніх програм. Однак це також є гарантією, що у випускників програм, акредитованих АВЕТ, сформовано мінімальний набір якостей, необхідний для подальшого навчання чи працевлаштування.

Акредитаційні вимоги Ради з акредитації у сфері інженерії та технологій

	Перелік критеріїв АВЕТ
a	Уміти застосовувати природничо-наукові, математичні та інженерні знання.
b	Уміти планувати та проводити експерименти, а також аналізувати та інтерпретувати отримані дані.
c	Уміти проектувати системи, їх компоненти чи процеси відповідно до поставлених завдань з урахуванням обмежень економічного, екологічного, соціального, політичного, етичного характеру, вимог, пов'язаних з охороною здоров'я та безпекою, технологічністю та ідеями сталості.
d	Бути спроможним працювати в колективах за мультидисциплінарною тематикою.
e	Уміти ідентифікувати, формулювати та вирішувати інженерні проблеми.
f	Усвідомлювати професійні та етичні зобов'язання.
g	Уміти ефективно спілкуватися.
h	Демонструвати широку ерудицію, необхідну для розуміння глобальних та соціальних наслідків інженерних рішень.
i	Усвідомлювати необхідність навчатися впродовж життя та вміння постійно навчатися.
j	Демонструвати знання сучасних проблем.
k	Уміти застосовувати навички та сучасні інженерні методи, необхідні для інженерної діяльності.

Канадська рада з акредитації у сфері інженерії та технологій (*Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB) of the Canadian Council of Professional Engineers*) була заснована в 1982 році. CEAB делеговано повноваження акредитувати програми підготовки інженерів на освітньому рівні бакалавра. На даний час Канадською радою з акредитації у сфері інженерії та технологій було акредитовано більше 250 програм (CEAB, 2017).

З метою оновлення наявних акредитаційних підходів Канадською радою з акредитації в сфері інженерії та технологій було створено спеціальну консультаційну групу. Підсумковий звіт групи, що містить перелік якостей, які мають демонструватися випускниками інженерних програм, було оприлюднено в 2016 році (CEAB, 2016):

1. Базові знання у сфері інженерії. Здатність демонструвати компетентність університетського рівня з математики, природничих наук, фундаментальних інженерних дисциплін та спеціалізовані знання, що відповідають обраній сфері інженерної діяльності.

2. Аналіз проблем. Уміння застосовувати відповідні знання та навички з метою ідентифікації, формулювання, аналізу та вирішення складних інженерних проблем для досягнення сталих результатів.

3. Дослідження. Здатність здійснювати дослідження складних проблем із використанням методів, що передбачають проведення експериментів, уміння аналізувати та інтерпретувати отримані дані та синтезувати інформацію для отримання коректних результатів.

4. Проектування. Здатність проектувати рішення для складних відкритих інженерних проблем та проектувати системи, компоненти та процеси, які відповідають специфічним вимогам щодо відповідального ставлення до питань збереження здоров'я та уникнення ризиків, дотримання прийнятих стандартів та обмежень, що визначаються економічними, соціальними, культурними аспектами та необхідністю збереження навколишнього середовища.

5. Використання інженерних засобів. Здатність створювати, обирати, застосовувати та розширювати межі застосування інженерних методик, ресурсів та сучасного інженерного обладнання для широкого спектру видів інженерної діяльності, від простих до складних видів, із розумінням пов'язаних обмежень.

6. Індивідуальна діяльність та робота в команді. Здатність ефективно діяти як лідери та учасники команди, переважно в контексті мультидисциплінарних завдань.

7. Навички комунікації. Здатність ефективно спілкуватися, обговорюючи складні інженерні концепції в професійній сфері та на рівні широкого загалу. Така здатність включає читання, написання текстів, спілкування та здатність за результатами осмислення інформації готувати письмову та проектну документацію й розробляти чіткі інструкції і бути здатним діяти відповідно до таких інструкцій.

8. Професіоналізм. Розуміти роль та обов'язки професійного інженера в суспільстві, усвідомлювати вплив інженерної діяльності на життя суспільства та її особливу роль щодо захисту його інтересів.

9. Вплив інженерії на суспільство та навколишнє середовище. Здатність аналізувати соціальні аспекти та нагальні питання навколишнього середовища в контексті інженерної діяльності. Така здатність включає розуміння взаємодії, що існує між інженерною діяльністю та економікою, охороною здоров'я, законодавчою сферою, культурним життям, непередбачуваності цих взаємозв'язків та їх впливу на сталий розвиток й охорону навколишнього середовища.

10. Етика та рівність. Здатність застосовувати професійну етику, діяти відповідально та справедливо.

11. Економіка та управління проектами. Здатність коректно інтегрувати економічні знання та навички бізнес-практики, у тому числі управління проектами, оцінювання ризиків та управління змінами й інженерну діяльність, усвідомлюючи обмеження, що накладаються.

12. Навчання впродовж життя. Здатність виявляти та вирішувати власні навчальні потреби у світі, що змінюється, так, щоб зберегти власну компетентність та сприяти просуванню знань.

Японська рада з акредитації у сфері інженерної освіти (*Japan Accreditation Board for Engineering Education – JABEE*) пропонує перелік ключових якостей сучасного інженера (Боровков, и др., 2012):

- розглядати різні аспекти інженерних проблем з глобальної точки зору;
- розуміти результати впливу сучасних технологій на суспільство та навколишнє середовище, а також усвідомлювати відповідальність та обов'язки інженера перед суспільством відповідно до законів професійної етики;
- володіти знаннями у сфері спеціалізації та вміти застосовувати ці знання для вирішення професійних завдань;
- проектувати та приймати інженерні рішення для задоволення потреб суспільства, використовуючи знання з різних галузей, а також різні види технологій та інформації;

- володіти навичками комунікації, включаючи усне мовлення та написання текстів, навичками ведення дискусії рідною мовою та базові навички ефективного спілкування іноземною мовою;
- навчатися самостійно та постійно;
- уміти виконувати та організовувати роботу.

FEANI (*Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs / European Federation of National Engineering Associations*) – Європейська федерація національних інженерних асоціацій заснована в 1951 році (FEANI, 2017). Її діяльність спрямована на підтримку мобільності та інтересів європейських інженерів у цілому. Членами FEANI є професійні спілки інженерів з понад 30 країн. FEANI є одним із співзасновників Усесвітньої федерації інженерних організацій (World Federation of Engineering Organizations, WFEO) та має статус консультанта в ЮНЕСКО. FEANI наділена повноваженнями присвоювати звання Європейського інженера (European Engineer), надаючи особам право використовувати спеціальне позначення – *Eur Ing*. Особи, що отримують звання Європейського інженера, заносяться до спеціалізованого реєстру (*FEANI Register*), який наразі налічує десятки тисяч професійних інженерів із різних країн. Наведемо, як приклад, вимоги FEANI до професійних інженерів, що приводять до присвоєння звання European Engineer (Eur Ing) (FEANI, 2013):

1. **Знання та розуміння.** Глибоке знання принципів інженерії, що ґрунтується на поєднанні математичних та природничо-наукових дисциплін і відповідає сфері спеціалізації.

2. **Інженерний аналіз.** Здатність використовувати відповідні теоретичні та практичні методи з метою аналізу та вирішення інженерних проблем.

3. **Дослідження.** Усвідомлення постійності технічних змін та культивування навичок пошуку інновацій та креативності в рамках професії.

4. **Інженерне проектування.** Уміння використовувати існуючі та перспективні технології, що належать до сфери спеціалізації. Знання стандартів та нормативно-регулятивної документації зі сфери спеціалізації.

5. Інженерна практика. Загальні знання про інженерну діяльність у сфері спеціалізації та характеру сучасного виробництва, включаючи використання матеріалів, компонентів та програмного забезпечення.

6. Загальні компетентності (transferable skills):

- розуміння сутності професії інженера та обов'язків працювати на благо суспільства, професії та зберігати навколишнє середовище шляхом дотримання кодексу професійної поведінки FEANI;
- знання інженерної економіки, методів забезпечення якості, вміння використовувати технічну інформацію та статистичні дані;
- уміння працювати в команді над міждисциплінарними проектами;
- здатність бути лідером з урахуванням адміністративних, технічних, фінансових та особистісних аспектів;
- комунікативні навички та підтримання необхідного рівня компетентності шляхом постійного професійного вдосконалення;
- вільне володіння європейськими мовами, достатнє для спілкування під час роботи в Європі.

Відповідно до стандарту FEANI Formation для осіб, що бажають пройти сертифікацію, розраховується період професійного становлення ($B+3U+2(U/E)+2E$), де B відповідає вищому рівню середньої школи, що підтверджено одним або декількома сертифікатами; U – один рік навчання за відповідною освітньою програмою у вищому навчальному закладі (чи в іншій освітній установі), що включено до реєстру навчальних закладів FEANI; E – досвід практичної інженерної діяльності. Таким чином, щоб успішно пройти реєстрацію, кандидати повинні мати щонайменше семирічний «стаж», який є комбінацією навчання, практичної діяльності та підвищення кваліфікації (FEANI, 2013).

Інженерна Рада Великобританії (*Engineering Council* (до 2010 року *Engineering Council UK*)) – це створений у 1981 році британський орган, що здійснює регулювальні функції в галузі інженерії. Інженерна Рада здійснює сертифікацію інженерів за однією з чотирьох категорій:

- дипломований інженер (Chartered Engineer – CEng);

- інженер-технолог (Incorporated engineer – IEng);
- інженер-технік (Engineering Technicians – EngTech);
- технік у сфері інформаційно-комунікаційних технологій (Information and Communications Technology Technicians – ICTTech).

Вимоги до кожної з категорій детально описані в «Стандарті Великобританії для професійних інженерних компетентностей» (Engineering Council, 2013). ЕС є одним із членів Європейської федерації національних інженерних асоціацій, а також співпрацює з Міжнародним реєстром професійних інженерів (IRPE). У рамках проекту EUR-ACE (EURopean Accredited Engineer) та на виконання вимог Болонського процесу під керівництвом Європейської федерації національних інженерних асоціацій було розроблено «Рамкові стандарти для акредитації інженерних програм» (EUR-ACE Framework Standards for Accreditation of Engineering Programmes), що містять опис вимог до професійних інженерів (European Network for Accreditation of Engineering Education, 2016).

Проект «Акредитація європейських інженерних програм та випускників у Європі» (EUR-ACE, Accreditation of European Engineering Programmes and Graduates) був офіційно підтриманий Європейською комісією. Його метою є створення системи акредитації, що дозволить інтегрувати кращі напрацювання, які наразі використовуються в ряді європейських країн. У результаті виконання проекту було сформульовано низку вимог до професійних та особистісних компетентностей випускників освітніх програм підготовки інженерів на першому та другому освітніх рівнях (European Network for Engineering Accreditation, 2015):

1. Знання. Природничо-наукові та математичні знання, що лежать в основі інженерної діяльності в певній галузі. Системні професійні знання в даній галузі інженерних наук. Міждисциплінарні знання в широкому контексті інженерної діяльності. Глибокі принципові знання у визначеній галузі інженерної діяльності. Знання про найновіші досягнення техніки та технологій.

2. Інженерний аналіз. Застосування знань для ідентифікації, постановки та вирішення інженерних задач із використанням відомих методів та прийомів. Застосування знань для аналізу продуктів інженерної діяльності, процесів та

методів. Здатність обирати та застосовувати відповідні аналітичні методи та методи математичного моделювання. Вирішення не відомих раніше інженерних задач в умовах невизначеності та конкуренції. Постановка та вирішення інженерних задач у нових сферах спеціалізації. Застосування знань для створення концептуальних інженерних моделей, систем і процесів. Застосування інноваційних методів для вирішення інженерних задач.

3. Проектування. Здатність застосовувати інженерні знання для розроблення та реалізації проектів, що відповідають заданим вимогам. Знання методів проектування та здатність застосовувати їх на практиці. Здатність застосовувати інженерні знання для прийняття не відомих раніше інженерних рішень, зокрема й для суміжних галузей. Творчий підхід до розроблення нових ідей та оригінальних методів. Здатність застосовувати інженерне мислення для роботи в складних умовах технічної невизначеності та недостатності інформації.

4. Дослідження. Здатність здійснювати пошук літератури та використовувати бази даних та інші джерела інформації, планувати та проводити експерименти, інтерпретувати результати та робити висновки. Мати навички роботи в майстерні та лабораторії. Здатність ідентифікувати, отримувати та поширювати необхідні дані, планувати та проводити аналітичні, модельні та експериментальні дослідження, критично оцінювати дані та робити висновки, досліджувати застосування нових технологій у сфері інженерної діяльності.

5. Інженерна практика. Здатність здійснювати добір та використання необхідного обладнання, інструментів та методів, поєднувати теорію та практику для вирішення інженерних задач. Знання технологій та методів експериментів, а також обмежень щодо їх використання. Обізнаність з етичними, екологічними та комерційними наслідками інженерної практики. Здатність інтегрувати знання з різних галузей для вирішення комплексних практичних задач. Глибоке розуміння меж застосування технологій та методів інженерної практики з урахуванням їх обмежень. Знання етичних, екологічних та економічних обмежень.

6. Особистісні компетентності. Здатність ефективно працювати індивідуально та в команді, використовувати різні методи ефективної комунікації

в професійному середовищі та в соціумі. Обізнаність з питань охорони здоров'я, безпеки життєдіяльності та законодавства у сфері відповідальності за інженерні рішення, зокрема в соціальному та екологічному контекстах. Дотримання принципів професійної етики, відповідальності та норм інженерної практики. Обізнаність у питаннях управління проектами та провадження бізнесу, зокрема управління змінами та менеджмент ризиків. Усвідомлення необхідності та здатність до самонавчання протягом усього життя. Виконання всіх критеріїв першого та другого циклів на вищому рівні вимог. Здатність ефективно діяти як лідер команди, що складається зі спеціалістів різного рівня у різних сферах професійної діяльності, працювати в національних та міжнародних командах.

На рис. 1.8 наведено узагальнене представлення (з виділенням ключових понять) основних вимог до професійних та особистісних якостей інженерів за матеріалами провідних акредитаційних агентств.



Рис 1.8. Узагальнене представлення вимог до якостей інженерів

У статті (Goel, 2006) було порівняно позиції основних компетентностей різних типів за порядком їх представлення в акредитаційних матеріалах. Скориставшись запропонованим підходом, ми порівняли чинні наразі переліки компетентностей основних світових акредитаційних агентств, розглядаючи їх позиції за значущістю (таблиця 1.3) (Луценко, 2017б). Першу позицію для всіх переліків, за якими здійснювалося порівняння, займає компетентність, пов'язана з володінням інженерними знаннями та вмінням застосовувати їх на практиці.

Важливими з погляду інженерних співтовариств є навички вирішення проблем та здійснення проектування, а також уміння працювати в мультидисциплінарних командах.

Таблиця 1.3

Порівняння компетентностей відповідно до порядку представлення в акредитаційних матеріалах

№ з/п	Компетентності	ABET	CEAB	JAABE	FEANI	UK-SPEK	Середнє значення
1	Знання та їх застосування на практиці	1	1	3	1	2	1,6
2	Навички проектування	3	4	5	4	2	3,6
3	Навички вирішення проблем	5	2	4	2	-	3,25
4	Інженерно-технічна компетентність	11	5	4	5	1	5,2
5	Робота в мультидисциплінарних командах	4	6	1	6	4	4,2
6	Усвідомлення етичних зобов'язань	6	11	2	6	5	6
7	Навички комунікації	7	7	6	6	4	6
8	Усвідомлення ідей сталого розвитку	8	10	2	6	5	6,2
9	Освіта впродовж життя	9	13	7	6	5	8

Відзначимо, що такі компетентності, як вирішення проблем та вміння виконувати інженерне проектування пов'язані з сутністю інженерії загалом. Очевидно, що для освітніх потреб є необхідність переходу від метапредставлення якостей майбутніх інженерів до зручних у практичному використанні (на рівні окремих дисциплін чи видів навчальної діяльності) формулювань, розроблення яких є предметом досліджень освітянської спільноти.

Взаємне визнання якості освітніх програм і кваліфікацій професійних інженерів на світовому рівні відбувається шляхом укладання відповідних угод (наприклад, Вашингтонська угода) та договорів про визнання національних систем сертифікації та реєстрації професійних інженерів (Чучалин, 2011).

Вашингтонська угода (*Washington Accord*) була підписана в 1989 році професійними інженерними організаціями, що відповідають за оцінювання якості та акредитацію освітніх програм у галузі техніки й технологій, і нині об'єднує 13 країн-учасниць, серед яких США, Канада, Великобританія, Ірландія, Австралія, Нова Зеландія та ін. Звання «професійний інженер» у міжнародному контексті означає, що особа, яка його має, здатна провадити самостійну професійну діяльність та має ліцензію одного чи декількох державних органів на надання професійних послуг у сфері інженерії як незалежний практик.

За формальним ознаками для реєстрації професійного інженера потрібно:

- закінчити ЗВО, у якому відповідна програма підготовки інженерів є належним чином акредитованою;
- отримати ліцензію на провадження професійної діяльності;
- мати досвід практичної інженерної діяльності (від 3 до 7 років залежно від країни);
- скласти професійні экзамени;
- підтримувати власну кваліфікацію шляхом неперервного професійного самовдосконалення;
- відповідально дотримуватися кодексу професійної етики.

Для отримання звання міжнародного професійного інженера (*International Professional Engineer – IntPE*) та включення до реєстру Форуму мобільності інженерів кандидат повинен бути зареєстрованим як професійний інженер у власній країні, а також мати досвід практичної діяльності не менше 7 років, у тому числі два роки роботи на відповідальній керівній посаді з виконанням професійних обов'язків.

Система вітчизняної вищої інженерно-технічної освіти також має потужне історичне коріння. Процес її становлення нерозривно пов'язаний зі становленням системи вищої освіти України загалом. Як зазначено в огляді, де висвітлено передумови заснування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (НТУУ "КПІ", 2017), об'єктивні процеси індустріалізації України та особливо її південно-західної

частини в середині та другій половині XIX століття привели до заснування великих механізованих фабрик і заводів, що приходили на зміну невеликим мануфактурним підприємствам. Розвиток залізничної інфраструктури також сприяв створенню нових підприємств металообробної, машинобудівної, цукрової та інших галузей промисловості. Також гостро постало питання кадрового забезпечення новостворених підприємств висококваліфікованими інженерами, очевидно недостатню кількість яких готували на той час кафедри технології в класичних університетах Харкова та Одеси.

Ситуація, що склалася, привела до усвідомлення необхідності заснування спеціалізованих навчальних закладів, що мали задовольнити потреби, пов'язані з бурхливим розвитком промислового та сільськогосподарського виробництва. Так, лише 7,5 % керівників заводів і фабрик Російської імперії мали технічну освіту й менше ніж 1% – вищу спеціальну (Онопrienко & Щербань, 1990) Більшість фахівців на підприємствах становили іноземні працівники.

У 1897 р. при Російському технічному товаристві було створено комісію з питань вищих технічних навчальних закладів, яка дійшла висновку, що чинна університетська система підготовки інженерних кадрів не забезпечує нагальних потреб галузі. Рекомендації комісії стали підставою для відкриття нових політехнічних навчальних закладів. Зазначені навчальні заклади організовувалися подібно до вже діючих на теренах тогочасної Росії з дотриманням ідей Паризької політехнічної школи. У процесі навчання особливу увагу приділяли поєднанню фундаментальної природничої підготовки з математики, фізики, хімії та інших дисциплін із загальною інженерною підготовкою, забезпечуючи також отримання широкого спектру професійно-практичних навичок на виробництві та в науково-дослідних установах (Туркот, 2011).

До перших навчальних закладів інженерно-технічного спрямування, що почали здійснювати підготовку студентів інженерних спеціальностей в Україні належать: Харківський практичний технологічний інститут (1885), Київський політехнічний інститут (1898), Катеринославське вище гірниче училище (1899) (Король, 2016). Зазначимо, що Харківський практичний технологічний інститут

став другим навчальним закладом з підготовки інженерів, що почав працювати у Російській імперії (першим був Петербурзький гірничий інститут). Двома першими відділеннями інституту стали механічне та хімічне, які в серпні 1885 року прийняли на навчання 125 осіб (Мусієнко & Ткаченко, 2005).

Рішення про заснування Київського політехнічного інституту було прийнято в 1896 році представниками міської влади, адміністрації Південно-західної залізниці, інженерів, промисловців та науковців. У Київському політехнічному інституті було відкрито чотири відділення: механічне, де розпочали навчання 109 студентів, інженерне – 101 студент, сільськогосподарське – 87 студентів, хімічне – 63 студенти. Педагогічний колектив інституту вперше започаткував конкурсний порядок призначення професорів кафедр виключно з осіб, які мають учений ступінь. Термін навчання в інституті становив 4 роки, а скорочення цього терміну на один рік досягалося внаслідок інтенсифікації викладання. Спочатку студенти вивчали фундаментальні науки, а потім – спеціалізовані інженерні. 6–7 годин на день відводилося під аудиторні (лекційні та практичні знання) та 3–4 години – на самостійну роботу студентів (Мусієнко & Ткаченко, 2005).

У зв'язку з активним розвитком гірничодобувної промисловості у 1899 році було прийнято рішення про відкриття в Катеринославі вищого гірничого училища, у складі якого мали діяти два відділення – гірниче і заводське. Вибір міста для цього навчального закладу обумовлювався близьким розташуванням до сировинних районів. Навчання в училищі тривало три роки й після його завершення та набуття дворічного стажу практичної роботи на виробництві випускники отримували право складати іспити в Петербурзькому гірничому інституті для отримання звання гірничого інженера. У 1912 році Катеринославське вище гірниче училище отримало статус Гірничого інституту (Онопрієнко, 1998).

У 20-х роках ХХ ст. в системі інженерно-технічної освіти України було виокремлено два типи ЗВО – інститути та технікуми, які, слід зазначити, належали до одного освітнього рівня. Інститут трактувався як політехнічний освітній заклад, навчання в якому передбачало глибоку науково-технічну та економічну підготовку. Технікуми готували інженерів практичного спрямування для окремих галузей

народного господарства (Федосова, 2012). За такої ситуації простежуються паралелі між німецькою системою підготовки інженерних кадрів та системою, що формувалася в тогочасній Україні. До типових проблем інженерно-технічних закладів вказаного періоду належить брак кваліфікованих професорсько-викладацьких кадрів та належного обладнання.

У другій половині ХХ ст. виокремлюються чотири етапи розвитку вищої технічної освіти: I етап (1950–1957) – відновлювальний, пов'язаний зі стабілізацією роботи ЗВО у післявоєнні роки, II етап (1958–1965) – промислово-інтеграційний, що характеризується збільшенням випуску спеціалістів інженерних спеціальностей; III етап (1966–1986) – розбудови, під час якого відбувалося заснування нових технічних ЗВО відповідно до регіональних потреб економіки; IV етап (1987–1999) – університетський, що характеризується реформуванням системи ЗВО та адаптацією до вимог ринкової економіки (Юхно, 2016).

До змін, яких зазнала вища технічна освіта у другій половині ХХ століття, належать: відмова від вузькоспеціалізованої підготовки інженерів та повернення до політехнічної моделі ЗВО з широким спектром спеціальностей, посилення ролі науково-дослідної роботи, інтенсивне впровадження ІКТ в освітній процес. Серед прихильників ідей політехнізму, чия діяльність серйозно вплинула на становлення системи інженерно-педагогічної освіти, відзначимо Д. Тхоржевського, М. Скаткіна, М. Жиделєва, В. Сидоренка та ін.

Наразі стан та основні тенденції системи вищої інженерної освіти в Україні повною мірою віддзеркалюють характерні риси, властиві всій системі української вищої освіти, для якої частина проблем минулого століття залишається не вирішеною й дотепер (Луценко, 2018).

Організаційною основою професійної підготовки майбутніх інженерів є ступеневий механізм, запроваджений в Україні у 1996 р. У 2011 році Кабінет Міністрів України затвердив Національну рамку кваліфікацій (НРК) (КМУ, 2011), роль якої була істотно посилена в Законі України «Про вищу освіту» (2014). До ключових понять НРК належать «компетентність», «кваліфікація» й «результати навчання», що відповідає сучасним світовим тенденціям.

Перший цикл підготовки передбачає здобуття освітнього ступеня бакалавра, який присуджується ЗВО у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми, обсяг якої становить 180–240 кредитів ЄКТС. Бакалаврський рівень вищої освіти відповідає сьомому рівню НРК і передбачає здобуття особою теоретичних знань та практичних умінь і навичок, достатніх для успішного виконання професійних обов'язків за обраною спеціальністю.

Освітній ступінь магістра здобувається на другому рівні вищої освіти за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою. Обсяг освітньо-професійної програми підготовки магістра становить 90–120 кредитів ЄКТС, обсяг освітньо-наукової програми – 120 кредитів ЄКТС. Освітньо-наукова програма магістра обов'язково включає дослідницьку (наукову) компоненту обсягом не менше 30 %. Магістерський рівень вищої освіти відповідає восьмому рівню НРК і передбачає здобуття особою поглиблених теоретичних та/або практичних знань, умінь, навичок за обраною спеціальністю (чи спеціалізацією), оволодіння загальними засадами методології наукової та/або професійної діяльності, іншими компетентностями, достатніми для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності (ВР, 2014).

Наприкінці ХХ ст. зменшення кількості випускників шкіл та бажання ЗВО розширити спектр спеціальностей, за якими здійснювалася підготовка, сприяли відкриттю інженерних спеціальностей у класичних університетах. Наразі підготовкою майбутніх інженерів займаються як вищі технічні/технологічні університети, освітні програми в яких, як правило, спрямовані на підготовку фахівців вузькоспеціалізованого профілю (для металургійних, гірничодобувних, деревообробних, енергетичних та інших галузей народного господарства), так і класичні університети. Починаючи з середини 90-х років ХХ ст., в системі професійної підготовки майбутніх інженерів з'явилися нові спеціальності, спрямовані на підготовку фахівців з автоматизованого управління технологічними процесами, комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесів і виробництв, автоматики та автоматизації тощо. Розвиток нових спеціальностей пов'язаний з

надшвидкими темпами поширення кіберфізичних систем широкого спектру призначення, що стало особливо відчутним протягом останнього десятиліття.

Контингент студентів, які обирають інженерні, будівничі та виробничі спеціальності, відповідно до даних, наведених у «Національній доповіді про стан і перспективи розвитку освіти в Україні у 2016 році», становив 22 % від усіх вступників у 2013–2014 навчальному році (Кремень, 2016). Незважаючи на поступове скорочення загального контингенту студентів, розподіл студентів у контексті галузевої спеціалізації залишається відносно сталим протягом останніх років (Фініков & Шаров, 2014). Зазначимо, що за даними Європейської комісії у 2015 році серед вступників європейських країн інженерні, виробничі та будівельні спеціальності обрало 13,9 % і ще 10,3 % – природничі науки, математику та статистику й інформаційно-комунікаційні технології (ЕС, 2017).

Відповідно до матеріалів соціологічного дослідження «Досвід працевлаштування випускників вищих навчальних закладів: погляд випускників та роботодавців», проведеного в 2013 році Київським міжнародним інститутом соціології, фахівці з інформаційних технологій та інженерно-технічних спеціальностей є серед найбільш затребуваних в Україні (СКМ, 2013). Випускники таких спеціальностей є серед тих, хто найшвидше знаходить роботу. Так, через два тижні після завершення навчання роботу мали 45 % випускників інженерно-технічних спеціальностей та 44 % випускників спеціальностей, пов'язаних із інформаційними технологіями. Зазначимо, що 17–25 % респондентів почали працювати ще під час навчання.

За матеріалами цього дослідження, близько 55 % випускників інженерно-технічних спеціальностей влаштовуються на роботу за фахом. До сфер, що їх теж можна розглядати як можливий ринок праці, належать менеджери середньої та вищої ланки, аналітики, викладачі. При цьому в Україні існує серйозний дефіцит випускників інженерно-технічних спеціальностей, спеціалізація яких пов'язана зі сферою інформаційних технологій, кіберфізичних систем, Інтернету речей, на що вказали 44 % роботодавців. Щодо ІТ-сфери, належний розвиток якої є одним з основоположних пріоритетів економіки України, то дефіцит кваліфікованих кадрів

в IT-індустрії становить щонайменше 25 тис. осіб, а за умови збереження позитивної для України кон'юнктури ринку буде лише зростати з часом (Гнатюк, 2014).

Основою модернізаційних та євроінтеграційних процесів у системі вищої освіти нашої країни є рекомендації та вимоги Болонського процесу, який відповідно до задекларованої у 2010 році стратегії «Європа 2020» спрямований на розвиток конкурентоспроможності Європейського Союзу, продуктивності, потенціалу до зростання та економічного зближення. Стратегія «Європа 2020» концентрується на ключових сферах: знання та інновації, стала економіка, вища зайнятість та соціальне залучення (Євробюлетень, 2010).

У «Національній доповіді про стан і перспективи розвитку освіти в Україні у 2016 році» визначено ключові позиції, за якими наразі відбувається реформування вищої освіти України після прийняття оновленого Закону України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 року (Кремень, 2016):

- унормування сучасної організації вищої освіти;
- визнання університетської автономії та академічної свободи як фундаментальних засад розвитку вищої освіти;
- створення національної системи забезпечення якості вищої освіти відповідно до стандартів та рекомендацій щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ЕНЕА, 2015);
- визнання компетентнісного підходу як ключового елементу створення нових стандартів вищої освіти та освітніх програм.

У «Національній доповіді про стан і перспективи розвитку освіти в Україні у 2016 році» визначено також втрати української системи вищої освіти за останні роки. До аспектів, що є максимально важливими в контексті освітніх програм інженерної підготовки, на нашу думку, слід віднести модернізацію системи освіти без належного моніторингу якості попереднього стану, що гальмує розвиток економіки освіти, інноваційний рух до нової якості тощо та застарівання матеріально-технічної бази. Серед причин, що, на думку авторів, спричинили такий стан, є:

- недостатня осмисленість швидких і несистемних змін розвитку освіти, що зумовили непослідовність впливів, зокрема процесуальну незавершеність попередніх модернізацій;
- недостатня сформованість моніторингу виконання законів і нормативів розвитку освіти;
- брак сучасної статистики, своєчасної об'єктивної й повної інформації щодо управління освітою, що не дає змоги вірогідно визначити її якість у регіонах, місце української освіти в європейському і світовому співтовариствах;
- розрив у часі та змісті модернізаційних процесів у загальній, професійно-технічній, вищій і післядипломній освіті, що є причиною неготовності значної частини педагогічних, науково-педагогічних і управлінських кадрів до участі в інноваційному розвитку освіти.

Повертаючись до питань реформування системи вищої освіти, серед винятково позитивних аспектів оновленого Закону України «Про вищу освіту» відзначимо зростання автономії ЗВО, що серед іншого передбачає розроблення освітніх програм і забезпечення якості підготовки.

До чинників, що негативно впливають на ефективність функціонування сучасної системи вищої інженерної освіти України, належать (Жук, 2014):

- недостатня підготовка в технічних училищах, коледжах, що ускладнює відбір здібних студентів для подальшого навчання в ЗВО;
- слабка лабораторна база навчальних закладів, що негативно впливає на якість освітнього процесу;
- гостра нестача сучасної науково-технічної літератури та підручників, що відображають інноваційні аспекти інженерної діяльності;
- недостатня участь стейкхолдерів у підготовці майбутніх фахівців; відсутність розвинутих міжнародних зв'язків;
- недостатнє залучення студентів до участі в конференціях за тематикою їхньої професійної діяльності, конкурсах проектів й інноваційних розробок тощо.

Відзначимо нагальну й принципову для системи вищої інженерної освіти проблему, пов'язану саме з прикладною складовою підготовки, – відсутність

системної взаємодії між вищою школою та замовниками вищої освіти (стейкхолдерами). Традиційно серед стейкхолдерів системи інженерної підготовки виділяють п'ять основних груп: студенти, викладачі, університети, працедавці, державні структури. Ослаблення зв'язків університетів з виробничими й ІТ-підприємствами є негативним чинником для системи інженерної освіти, адже ускладнює занурення студентів у реальну професійну діяльність (Карпаш, Крижанівський, & Карпаш, 2014). Лише 34 % вітчизняних компаній підтримують зв'язки з навчальними закладами. Щоправда, для великих компаній цей відсоток є істотно вищим – 62 %, тоді як для середніх за розміром підприємств він становить лише 31 %. Серед причин такого стану представники компаній називали недостатню відкритість ЗВО, високий рівень бюрократичних процедур прийняття рішень. Як результат, компаніям зручніше утворювати спеціальні тренінгові центри на власних чи незалежних платформах, залучаючи до проведення занять власних працівників, а не викладачів ЗВО (СКМ, 2013).

Водночас, на думку Ю. Рашкевича (2009), українські реалії дедалі більше відповідають сучасним тенденціям європейського ринку праці, а саме:

1. Зменшується кількість місць праці, які можна займати впродовж усього життя. Зростає відсоток тимчасових посад, типовим прикладом чого є робота за проектом визначеної наперед тривалості.
2. Знижується міра захищеності місця праці. Така ситуація приводить до пошуку роботи поза основною кваліфікацією.
3. Зростає кількість випадків, коли працівник займає одночасно декілька місць праці.
4. Швидке застарівання наявних у працівника умінь та навичок праці внаслідок постійних змін середовища праці.

Спільним для опитаних роботодавців та випускників є визнання того, що серед найважливіших характеристик при працевлаштуванні є знання, навички та вміння випускників (78 % випускників та 73 % роботодавців), а також особистісні якості випускника (69 % роботодавців та 68 % випускників) (СКМ, 2012). До особистісних якостей, яких бракує нинішнім випускникам, роботодавці відносять:

- практичні професійні навички (61 %);
- уміння вирішувати проблемні ситуації (38 %);
- навички роботи з клієнтами (26 %).

Від 22 % до 25 % відповідей припадають на такі значущі особистісні якості як знання іноземних мов, навички усного та писемного спілкування, менеджерські та аналітичні навички. Для всіх респондентів значною проблемою виявився пошук кандидатів, що володіли б спеціальними знаннями більш ніж в одній сфері (наприклад, інформаційні технології та фінанси, інженерія та управління тощо), що свідчить про актуальність упровадження додаткових спеціалізацій для випускників інженерних спеціальностей та розвиток міждисциплінарних підходів у якості обов'язкових компонентів підготовки. Також для інженерних спеціальностей проблематичним є добір кандидатів, які на належному рівні володіють іноземною мовою (СКМ, 2013). Результати опитування відповідають світовим тенденціям, за результатами вивчення яких у 2004 році було сформовано перелік якостей, що їх бракує випускникам інженерних спеціальностей (рис. 1.9) (World Chemical Engineering Council, 2004; Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014).



Рис. 1.9. Значущі для успішного працевлаштування навички

Як зазначалося вище, у більшості країн світу для освітніх програм підготовки інженерів діють визнані державою, освітянами, професійними об'єднаннями інженерів стандарти та рекомендації, що дозволяють унормувувати акредитаційні та сертифікаційні вимоги (Луценко, 2017б). Водночас потрібно наголосити, що приєднання України до Європейської мережі з акредитації інженерної освіти

(ENAE – European Network for Accreditation of Engineering Education), створеної в 2006 року відповідно до потреб Болонського процесу, відбулося лише в листопаді 2016 року. Організацією, що отримала членство, став Центр незалежної акредитації інженерних програм, заснований Асоціацією ректорів вищих технічних навчальних закладів України в 2015 році. Наразі розпочато розроблення вимог до освітніх програм підготовки інженерів та подальшої сертифікації випускників з урахуванням одночасно провідного світового досвіду та українських економічних та соціальних реалій.

1.4. Ступінь розробленості проблеми дослідження в науковій літературі, інженерній та педагогічній практиці

У підрозділі 1.3 основна увага зосереджувалася на організаційних засадах функціонування системи вищої інженерної освіти в Україні та світі та чинних підходах до акредитації освітніх програм підготовки майбутніх інженерів. Визначені в акредитаційних матеріалах провідних світових агентств професійні та особистісні якості сучасних інженерів є важливим орієнтиром, який допомагає зрозуміти нагальні потреби системи інженерної освіти та очікування представників ринку праці. Однак модернізація системи професійної підготовки майбутніх інженерів неможлива без розбудови науково вмотивованого та апробованого педагогічного підґрунтя, оскільки визначення професійних якостей майбутніх інженерів, осучаснення змісту навчання та використання найпрогресивніших педагогічних технологій не надає жодної гарантії успішного функціонування освітніх програм, без належного усвідомлення сутності сучасної парадигми інженерної освіти та готовності діяти в її рамках і на її вдосконалення. Як зазначено в «Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року», формування сучасної парадигми освіти є стратегічним завданням і «необхідною умовою забезпечення сталого демократичного розвитку суспільства, консолідації

усіх його інституцій, гуманізації суспільно-економічних відносин, формування нових життєвих орієнтирів особистості» (ВР, 2013).

В. Кремень наголошує, що наразі освітні процеси в Україні розглядаються переважно у рамках трьох основних концепцій, які декларують різні підходи до формування та вибору цінностей освіти: традиційної, раціоналістичної та гуманістичної (Кремень, 2005). Традиційна концепція, за якої навчання зводиться до чітких стандартів і критеріїв успішності, визначається трьома постулатами:

- основна мета освіти – оволодіння базовими знаннями, уміннями і навичками;
- головна увага приділяється вивченню і засвоєнню академічних знань;
- освіта неможлива без засвоєння певних моральних цінностей.

Раціоналістична концепція тлумачить знання як упорядковану сукупність фактів, для ефективного засвоєння яких мають розроблятися й упроваджуватися методи навчання, що ґрунтуються на інтенсивному застосуванні комп'ютерної техніки й сучасних інформаційних систем тощо. Наразі раціоналістична концепція пов'язується з упровадженням в освітній процес автоматизованих систем управління діяльністю ЗВО, модульних об'єктно орієнтованих динамічних навчальних середовищ, платформ для дистанційного навчання. Відзначимо, проте, утилітарність раціоналістичної концепції, що, на нашу думку, суперечить ідеям усебічного розвитку особистості.

Як наголошує В. Кремень, роль та значущість гуманістичної концепції освіти істотно посилилися в останні роки. Для представників гуманістичного напрямку сенс і зміст освіти є визначальною умовою для особистісного самоствердження і самовираження людини. Цінностями гуманістичної концепції є співробітництво, рівність, довіра, взаємодопомога, толерантність та емпатія (Кремень, 2005).

Важливість гуманізації професійної підготовки інженерів неодноразово проголошувалася і в працях таких відомих українських дослідників, як Л. Товажнянський, О. Романовський та О. Пономарьов, за активної участі яких у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» було розроблено концепцію формування гуманітарно-технічної та управлінської

еліти (Товажнянський, Романовський, & Пономарьов, 2002; Романовський, 2003). На думку авторів, метою вищої інженерної освіти є «формування інженерного корпусу нового типу, з яскраво вираженим гуманістичним моральним та екологічним імперативом, фундаментально та професійного підготованого до ефективної діяльності в реаліях ХХІ ст.» (Товажнянський & Мамалуй, 2009).

Ключовими складовими освітніх систем, модернізація яких є основою вдосконалення освітніх програм і підвищення їх ефективності, є зміст, процес та результати навчання (Овчарук, Компетентності як ключ до оновлення змісту освіти, 2004). Більшість авторів відзначає, що протягом багатьох років основу системи інженерної освіти в Україні та світі становила традиційна знаннева парадигма. Відповідно до неї основним для освітнього процесу вважалося засвоєння знань, що мало приводити до формування необхідних умінь та навичок (дидактична тріада «знання» – «уміння» – «навички»).

Формування знанневої парадигми та її використання в освітній практиці зумовлювалося рядом об'єктивних чинників. Частково це пов'язано з тим, як провідна філософська концепція ХХ століття – позитивізм впливала на освітню підготовку інженерів, надаючи великого значення саме фундаментальній складовій – раціонально обґрунтованим знанням з математики, фізики, хімії тощо, що розглядалися як основний інструмент професійної діяльності інженера. За таких умов завдання викладача трактувалося як «передавання» об'єктивного знання студентам. Основним аргументом для обґрунтування такого підходу було трактування фундаментальних дисциплін як строгої сукупності фактів, теорій та правил, які потрібно запам'ятовувати та використовувати, а не як способу пізнання природних явищ.

Наслідком переважання позитивістської концепції є те, що студенти, які навчаються з використанням традиційної знанневої парадигми професійної підготовки, випускаються з недостатнім в умовах сучасного швидкозмінного світу розумінням базових питань науки та технологій (Van Driel, Beijgaard, & Verloop, 2001).

Окрім того, до середини ХХ ст. серед викладачів інженерних факультетів переважали інженери-практики, які або набули значного досвіду практичної викладацької роботи в університеті, або продовжували поєднувати викладацьку та інженерну діяльність. Відповідно, й система інженерної освіти мала практично орієнтований характер. Однак після Другої світової війни необхідність діяти в конкурентних умовах, звертаючись до нових наукоємних напрямів інженерної діяльності (ядерна енергетика, космічні дослідження тощо), стала рушійною силою змін у системі інженерної освіти, внаслідок чого серед викладачів з'явилися інженери-дослідники. У цей час у США було опубліковано звіт Грінтера (1956), що визначив обличчя програм підготовки інженерів на багато років наперед (Dutson, Todd, Magleby, & Sorensen, 1997). Відповідно до моделі Грінтера перші два роки в навчальних планах студентів інженерних спеціальностей присвячувалися вивченню фундаментальних дисциплін як основи для подальшої діяльності (Cheville, 2014). Рекомендації щодо розширення обсягу матеріалу природничо-математичних дисциплін у освітніх програмах були спрямовані на те, щоб допомогти студентам краще зрозуміти складні принципи, що використовуються в технологічних розробках.

Зазначимо, що подібний підхід до формування змісту освітніх програм підготовки майбутніх інженерів протягом тривалого часу переважав у більшості вітчизняних і світових університетів (Терентьєва, 2016). В українській освіті 60–80-ті роки ХХ ст. характеризуються збільшенням часу на вивчення нормативних дисциплін. Проте відсутність наукових основ розроблення навчальних планів привела до впровадження екстенсивного підходу, серед негативних наслідків якого Н. Терентьєва визначає зростання навчального навантаження на тлі недооцінювання зв'язку профільної підготовки студентів та їхньої повсякденної діяльності; формалізм у знаннях, невміння застосовувати отримані знання на практиці, проблеми з навичками спілкування та організаційно-управлінськими навичками (Терентьєва, 2016).

Як зазначає дослідниця, у 80–90-х рр. ХХ ст. система вищої освіти прийшла до усвідомлення таких проблемних аспектів: акцент на розширенні обсягу

інформації в освітньому процесі, а не на розвитку навичок самостійного творчого мислення; недостатня увага розвитку індивідуальних форм роботи зі студентами; відірваність ЗВО від потреб виробництва, наукових установ та реальних замовників, тому випускники інженерно-технічних ЗВО виявляються не готовими до використання техніки й технологій нового покоління, не отримують навичок застосування сучасних засобів автоматизації технологічних процесів, проектування та наукових експериментів, управління виробництвом тощо. Випускники слабо володіють ефективними методами управління виробництвом, його інтенсифікації (Терентьєва, 2016, с. 149).

Серйозне занепокоєння падінням якості підготовки випускників інженерних спеціальностей почали висловлювати й представники промислових компаній, що стало одним з факторів перегляду підходів у сфері інженерної освіти та формування нової парадигми професійної підготовки майбутніх інженерів.

Історія руху інженерної освіти в напрямі пошуку оптимального балансу між фундаментальною та практично орієнтованою підготовкою має тривалу, але, на жаль, «повільну» історію. Ще у 1982 році Р. Фелдер відзначав: «Ми навчаємо студентів питань механіки, але не методів побудови міркувань; запам'ятовування та однотипних вправ на застосування, але не навичок аналізу, синтезу та оцінювання. Ми не підтримуємо творчість та незалежність мислення і в результаті робимо все, щоб розохотити студентів» (Felder, 1982, р. 6). С. Гончаренко відзначає існування у педагогіці такого феномену, як *«розривність мислення»*, коли студент знає суть окремих понять, законів, може їх відтворити, але лише в логіці опису (Гончаренко, 2008). Автор наголошує, що така ситуація зумовлена домінуванням у професійній підготовці інформаційно-репродуктивного навчання, що призводить до формування стереотипного, причиново-наслідкового мислення.

На думку С. Гончаренка, фундаменталізація освіти в сучасних умовах означає спрямування на узагальнені й універсальні знання, на формування загальної культури та розвиток узагальнених способів мислення і діяльності, що передбачає істотні зміни в освітніх підходах. Орієнтація на прикладну складову підготовки пов'язана не зі зміною обсягу знань, що мають засвоюватися, а зі

змінюю якість такого засвоєння. Як уже зазначалося, обсяг знань, який мають опанувати студенти, постійно та надзвичайно швидко зростає, що є однією з причин кризи знаннєвої парадигми. З іншого боку, зростає усвідомлення того, що створення об'єктів, процесів та систем неможливе без розуміння структури їх виробництва і володіння сучасними технологіями. Важливим є успішне засвоєння не сукупності предметних знань, а розбудова методології, тобто вміння синтезувати нові знання на основі засвоєного матеріалу та усвідомлено використовувати їх на практиці.

Слід наголосити також на творчій природі інженерії. Тому професійна підготовка інженерів повинна, з одного боку, створювати умови для розвитку інноваційності та креативності мислення студентів, що становить основу винахідницької діяльності, а з другого – забезпечувати формування теоретичних знань і навичок прикладної діяльності.

Наряду із цим низка авторів відзначає, що нинішня система вищої інженерної освіти загалом зберігає орієнтацію на накопичення теоретичних знань та формування навичок вирішення проблем за алгоритмом *«спостерігай та дій»*, що не може належною мірою задовольняти вимоги, що постають перед економікою та суспільством (Felder, Woods, Stice, & Rugarcia, 2000; Sheppard S. , Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006).

Серед таких вимог слід відзначити такі: глобалізаційні процеси, що приводять до змін ринку праці та умов, за яких інженерам доводиться виконувати професійні обов'язки (Heitmann, 2005). Важливим фактором є інтенсифікація темпів змін, що спричиняє необхідність ретельно зосередитися на освіті впродовж життя та освіті дорослих, навчаючи, окрім усього, *«як навчатися»* та бути здатним організувати власний освітній процес та саморозвиток. Окремо слід відзначити додаткові соціальні вимоги, пов'язані з тим, що сучасна підготовка інженерів охоплює найширший спектр завдань та напрямів діяльності: збереження навколишнього середовища, сталий розвиток, підтримка регіональної економіки, етичні проблеми інженерної діяльності. Серед проблем, з якими доводиться стикатися ЗВО, є зменшення кількості студентів, які обирають інженерні

спеціальності, та зниження якості підготовки з математики та природничих наук на рівні середньої школи (Lutsenko, 2016).

На початку ХХІ століття було опубліковано низку звітів інженерних співтовариств, в яких підтверджується потреба в інноваційних підходах до навчання та викладання в системі інженерної освіти (АВЕТ, 1995; Institution of Engineers Australia, 1996; Clough, 2005; King, 2008).

Компетентнісна парадигма, що визнається вітчизняними та зарубіжними вченими як заміна знанневої парадигми в системі професійної підготовки майбутніх інженерів, дозволяє холістично та несуперечливо впроваджувати зміни для змістової, процесуальної та результативної складових освітніх програм, усуваючи проблемні моменти, визначені вище. Важливим кроком компетентнісного підходу є відпрацювання взаємоприйнятеного термінологічного апарату, що враховуватиме сучасні підходи до розроблення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів. Зважаючи на значущість компетентнісного підходу в контексті нашого дослідження, його засади та методологія використання детально розглянуто в підрозділі 2.4.

Необхідним є формування не лише високого рівня професійних якостей, а й широкого спектру загальних компетентностей, що допоможуть випускникам інженерних спеціальностей успішно реалізуватися в сучасному складному та інноваційному суспільстві (National Academy of Engineering, 2004).

Зазначимо також, що розвиток технологічних інновацій пов'язаний зі збільшенням потреби в природних ресурсах (забезпечення енергією та сировиною), що збільшує тиск на навколишнє середовище. При цьому з боку суспільства щодалі частіше декларується необхідність зменшення негативних впливів технологічної природи на світ та людство. Таким чином, традиційні навчальні парадигми мають бути модернізовані для того, щоб забезпечити підготовку висококваліфікованих інженерів, здатних розвивати та інтегрувати інноваційні технології сталого розвитку в життя людства (Coral, 2009).

Акредитаційні комісії та професійні асоціації інтегрують указані аспекти до наявних критеріїв інженерної підготовки. Саме в результаті їхньої діяльності

останні десятиліття ознаменувалися появою значної кількості переліків очікуваних «атрибутів» сучасного інженера (Луценко, 2017б).

Різноманіття матеріалів та формулювань робить фактично неможливою побудову універсального профілю чи стандарту підготовки випускників інженерних спеціальностей на світовому чи європейському рівнях (якщо брати до уваги економічні, культурні та політичні особливості, що визначають контекст інженерної діяльності в різних країнах). Однак можна виділити певні **концептуальні тренди**, притаманні сучасним підходам у сфері інженерної освіти, серед яких (Maffioli & Augusti, 2003):

- зростання потреби в загальних (*transferable* чи *soft*) навичках та компетентностях;
- інтегрованість підходів та системність організації інженерного проектування, а також урахування таких контекстуальних вимірів, як економіка, навколишнє середовище, етика та соціальні умови;
- спрямованість на чітко виражені та диференційовані результати навчання;
- стійка прикладна спрямованість підготовки.

Існує потреба в збільшенні частки «реальної інженерії» в системі освіти та створення максимально орієнтованого на студентів навчального середовища, що буде підтримувати та розвивати співпрацю студентів, критичне мислення, відповідальність та професійну етику, навички вирішення проблем наряду з глибоким володінням матеріалом дисциплін STEM-циклу (OECD, 2011).

Інноваційна парадигма для інженерної освіти має (Sheppard & Sullivan, 2008):

- відображати у своєму різноманітті, якісних показниках та строгих критеріях характеристики, необхідні для людства у XXI столітті;
- оперативно реагувати на неймовірні темпи інтелектуальних змін (від спрощення до складності, від аналізу до синтезу, від монодисциплінарності до міждисциплінарності);
- застосовувати цілісний (холістичний) підхід до вирішення соціальних потреб з урахуванням реальних пріоритетів, зіставляючи соціальні, економічні,

екологічні, правові та політичні міркування з технологічним проектуванням та інноваціями;

– розробляти та впроваджувати нові технології (наприклад, від мікроскопічного рівня для інформаційних, біологічних наносистем до макроскопічного рівня для глобальних систем).

У низці праць з питань інженерної освіти відзначається переважання дедуктивних методів у процесі навчання і викладання STEM-дисциплін (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), що становлять основу всіх чинних освітніх програм інженерної підготовки як в Україні, так і у світових закладах вищої освіти. У випадку дедуктивного навчання викладач спочатку наводить загальні принципи та положення; використовуючи їх, розвиває математичні моделі, представляє окремі приклади застосування (Prince & Felder, 2006; Туркот, 2011). Індуктивне навчання розпочинається з представлення окремих фактів, спостережень, експериментальних даних з метою їх подальшої інтерпретації, аналізу кейсів, вирішення комплексних проблемних завдань, пов'язаних з реальним світом, тощо. У процесі аналізу даних кейсів чи вирішення проблем студенти генерують потребу в певних фактах, правилах, процедурах чи принципах, що слугує відправною точкою процесу навчання.

У статті М. Прінса та Р. Фелдера (2007) виділяються такі індуктивні методи навчання:

- навчання через відкриття (discovery learning);
- навчання через потребу/запит (inquiry-based learning);
- проектно орієнтоване навчання (project-based learning);
- проблемно орієнтоване навчання (problem-based learning);
- метод кейсів (case-based teaching);
- навчання з випередженням (just-in-time).

У літературі сукупність навчальних підходів, для яких застосування дедуктивного методу переважає, зазвичай, об'єднується під назвою «*предметно орієнтоване навчання*» (в англійській літературі відповідниками є терміни «*lecture-based teaching*», «*subject-based learning*», «*discipline-controlled approach*»).

Згідно з визначенням Міжнародного бюро освіти ЮНЕСКО предметно орієнтованою є така модель навчального плану, в якій зміст поділяється на окремі предмети (дисципліни) (UNESCO-IBE, 2013). У рамках предметно орієнтованого навчання у центрі перебуває навчальний предмет, від якого за схемою «матеріал – студент – результат» будується процес навчання (Підласий, 2004). При цьому основними критеріями підготовки є досягнення запланованих цілей у визначені терміни і на встановленому рівні.

Термін *«навчальний предмет»* або *«навчальна дисципліна»* охоплює весь спектр окремих предметів або сфер навчання, як традиційних (математика, фізика, хімія), так і нових (наприклад, медіа-технології, веб-програмування тощо). За умов предметно орієнтованого навчання особи, що навчаються, повинні мати постійні й неперервні можливості для практики власних предметних навичок таким чином, щоб наступні курси ґрунтувалися на вже опанованих. Навчальний акцент предметно орієнтованої освітньої програми має тенденцію до конкретної, поточної та фактографічної інформації та навичок. Педагогічна діяльність здійснюється в рамках окремого предмета та спонукає викладачів до поглиблення змістового наповнення та спеціалізації.

У контексті організації освітнього процесу предметно орієнтоване навчання, як правило, включає лекції, під час яких розглядаються відповідна теорія та її математичне представлення, і практичні заняття, спрямовані на вирішення вправ і завдань за тематикою лекційного матеріалу та для контролю знань, отриманих на лекції та в процесі самостійної роботи. При цьому на розгляд практичних ситуацій, які вимагають використання відповідних теоретичних знань, актуальних для інженерної діяльності, відводиться мінімум навчального часу, до того ж така діяльність має переважно репродуктивний характер. Відповідно до класифікації методів навчання за характером пізнавальної діяльності (І. Лернер, М. Скаткін) за умови використання репродуктивного методу знання пропонуються в «готовому» вигляді, супроводжуючись поясненням викладача. Критерієм, що визначає успішність учнів, є правильне відтворення знань. Такий метод спрямований на

багаторазове повторення матеріалу й за надмірного застосування призводить до формалізації процесу навчання.

Наголосимо, що більшість авторів зазначає, що традиційні та інноваційні підходи становлять фактично два граничні випадки, тоді як реальна освітня ситуація є, як правило, деяким проміжним варіантом, за якого в процесі навчання й викладання відбувається поєднання різних підходів, тому мова йде радше про пошук оптимального балансу між ними з урахуванням особливостей освітньої програми, рівня готовності студентів та викладачів, матеріальних чинників тощо (Bransford, Brown, & Cocking, 2000).

Педагогічні пошуки в напрямі оновлення змісту та практики навчання максимально повно розкрилися у двох потужних *міжнародних* підходах – *проектно орієнтованому навчанні* та *CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate або Планування–Проектування–Виробництво–Використання)*, кожен з яких є більш, ніж окремою педагогічною технологією. Спільним для обох підходів є наявність розвиненої мережі навчальних закладів, що утворюють потужну організаційну інфраструктуру міжнародного рівня, на базі якої триває активна робота з подальшого їх удосконалення (Шатоха, 2016).

На засадах проектно орієнтованого (та проблемно орієнтованого) навчання ми детально зупинимося в підрозділі 3.1, а зараз звернімося до основних положень CDIO. Стратегія CDIO зародилася в Массачусетському технологічному інституті (США) наприкінці 90-х років ХХ століття як інструмент для подолання розриву між інженерними науками та інженерною практикою (Луценко, 2011). Одним з її основоположників є Едвард Кроулі, який у 2001 році опублікував «Навчальний план CDIO (CDIO Syllabus)» – документ, що містив перелік очікуваних якостей випускника інженерної спеціальності відповідно до очікувань та потреб роботодавців (Crawley, 2001). У рамках підходу CDIO основною задачею інженерної освіти вважається підготовка випускників до успішної професійної діяльності шляхом формування фахової компетентності, розуміння соціального контексту та прагнення до інновацій. Водночас дослідники з Массачусетського технологічного інституту починають співпрацювати з шведськими викладачами з

Королівського технологічного інституту (KTH Royal Institute of Technology) в Стокгольмі та Університету Лінчепінгу (Linköping University) в м. Лінчепінг. Зазначимо, що CDIO є не просто черговим переліком компетентностей випускників інженерних спеціальностей, а системним підходом, що пропонує шлях для їх досягнення (Edstrom & Kolmos, 2014).

Автори концепції CDIO вважають, що запорукою вирішення завдання модернізації системи вищої інженерної освіти є впровадження 12 принципів, два з яких вважаються основними, а інші 10 – додатковими. Запропоновані принципи утворюють комплексний підхід до вдосконалення освітніх програм, методів навчання та інфраструктури технічних університетів (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014). Перший принцип пропонує розглядати інженерну освіту в контексті реальної інженерної практики, яка охоплює чотири основні дії: планування, проектування, виробництво та використання об'єктів, процесів та систем. Другий принцип – залучення всіх зацікавлених сторін до визначення вимог до результатів засвоєння освітніх програм. На думку розробників підходу CDIO, навчальний план повинен включати взаємопов'язані дисципліни, а навчання має орієнтуватися на опанування особистісних та міжособистісних компетентностей.

Наведемо перелік базових стандартів CDIO, дотримання яких є обов'язковим під час планування освітньої діяльності:

1. *CDIO як контекст інженерної освіти.* Прийняття принципу, відповідно до якого розвиток та реалізація життєвого циклу об'єктів, процесів та систем відбувається в рамках моделі «планування – проектування – виробництво – використання».

2. *Результати навчання.* Специфічні деталізовані результати навчання, що описують особистісні та міжособистісні компетентності, дисциплінарні знання та навички створення об'єктів, процесів та систем, що відповідають цілям (завданням) програми та узгоджені з засновниками вищої освіти.

3. *Інтегрований навчальний план.* Навчальний план містить взаємопов'язані дисципліни та заходи з інтеграції особистісних та міжособистісних компетентностей, а також навичок створення об'єктів, процесів і систем.

Вступ до інженерної діяльності. Вивчається вступний курс, який має створювати основу для інженерної практики при створенні об'єктів, процесів та систем і для формування особистісних і міжособистісних компетентностей.

4. *Досвід упровадження проектної діяльності.* План містить два і більше проекти, що передбачають набуття досвіду проектно-впроваджувальної роботи: один на базовому рівні й один – на складнішому.

5. *Робочий простір для інженерної діяльності.* Наявність робочого простору для інженерної діяльності та лабораторій, які підтримують освітній процес і сприяють практичному засвоєнню методів створення об'єктів, процесів та систем, отриманню дисциплінарних знань і вивченню соціальних аспектів інженерної діяльності.

6. *Інтегроване навчання.* Досвід інтегрованого навчання сприяє формуванню дисциплінарних знань поряд з особистісними й міжособистісними якостями та навичками міжособистісного спілкування, створення об'єктів, процесів і систем.

7. *Активні методи навчання.* Викладання і навчання з використанням методів активного та практично орієнтованого навчання.

8. *Удосконалення CDIO-компетентностей викладачів.* Наявність заходів, що дозволять підвищити компетентність викладачів у сфері особистісних і міжособистісних компетентностей та навичок створення об'єктів, процесів і систем.

9. *Удосконалення педагогічних компетентностей викладачів.* Наявність заходів, що дозволять підвищити педагогічні компетентності викладачів із використанням активних методів навчання та оцінювання діяльності студентів в умовах інтегрованого навчання.

10. *Оцінювання результатів навчання.* Оцінювання засвоєння студентами особистісних і міжособистісних компетентностей, навичок створення об'єктів, процесів та систем, а також дисциплінарних знань.

12. *Оцінювання програми.* Наявність системи оцінювання відповідності програми цим 12 стандартам та забезпечення зворотного зв'язку зі студентами,

викладачами та іншими зацікавленими особами з метою її неперервного вдосконалення.

Незважаючи на певні розбіжності термінологічного плану, запропоновані CDIO-принципи узгоджуються із сучасними ідеями компетенізації освіти, її гуманізації, упровадженням діяльнісного та особистісно орієнтованого підходів. Здійснений авторами CDIO-підходу порівняльний аналіз критеріїв провідних акредитаційних агентств та розділів CDIO Syllabus засвідчує повний збіг за більшістю позицій, зокрема щодо фундаментальної природничо-наукової, математичної та інженерної підготовки, компетентностей у сфері менеджменту, комунікацій, командної роботи тощо. Пропонуючи універсальний «шаблон» розроблення навчальних планів на засадах CDIO, автори (Crawley, 2002) наголошують, що життєвий цикл об'єкта чи системи є контекстом, а не змістом інженерної освіти.

До нетехнічних аспектів, визначальних для інженерної освіти, на думку авторів концепції CDIO, належать: соціальна відповідальність (етика, сталість); соціально значущі навички (комунікація, співпраця); гуманітарні та соціальні науки (історія, психологія).

Таким чином, можна зробити висновок про доречність обраного шляху розроблення чи оновлення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів в українській системі вищої інженерної освіти, зазначивши, що нині зроблено лише перші кроки. На нашу думку, вирішення завдання ускладняється такими чинниками:

- формування нормативно-правової бази та розроблення практичних механізмів імплементації вже затверджених законів, постанов, положень, інноваційних розробок тощо відбувається з істотним відставанням від нагальних потреб ринку праці та системи вищої освіти;

- у випадку інженерної освіти додаткові труднощі пов'язані з наявністю великої кількості інженерних професій, різних за спрямуванням та, відповідно, вимогами до випускників. Попри це суттєвим для всіх спеціальностей фактором є

зростання ролі загальних компетентностей у структурі професійної компетентності майбутніх інженерів;

– відсутність чітко проголошеної єдиної стратегії щодо ідентифікації очікуваних компетентностей випускників інженерних спеціальностей. Мова йде про усвідомлене визнання як роботодавцями, так і представниками освітянської спільноти компетентнісного підходу як основного інструменту розроблення стандартів вищої освіти, професійних стандартів та освітніх програм підготовки.

Аналіз наукових досліджень, інженерних матеріалів, результатів соціологічних опитувань свідчить про недостатню розробленість проблеми адаптації системи вищої інженерної освіти України до змін, що охоплюють сутність інженерної діяльності, умови її провадження й інженерну освіту загалом. Тому постає необхідність розроблення методичних та теоретичних засад професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що буде висвітлено в наступних розділах.

Висновки до розділу 1

Результати аналізу філософських, педагогічних та інженерних джерел дозволяють стверджувати, що наукова полеміка щодо засад формування сучасної науково-інженерної картини світу й філософські спроби осмислення інженерної діяльності в постіндустріальну епоху перетворюються на пошук релевантного в контексті сучасного етапу розвитку суспільства способу опису сутності діяльності інженера XXI століття та якостей, які він повинен мати для успішного розкриття власного потенціалу. Еволюція поглядів у сфері дослідження основ наукового пізнання та дискурс щодо трактування об'єктивності наукового пізнання в частині відходу від засад строгої раціональності зумовлює необхідність урахування деонтологічних аспектів, гуманістичних і соціальних факторів, а відповідно, зміни в сприйнятті інженерної діяльності, способах її провадження та підготовки майбутніх інженерів до успішної професійної реалізації.

На основі аналізу ключових понять дослідження зроблено низку висновків стосовно специфіки інженерної діяльності в умовах сучасності:

- визначальною рисою інженерії є її практична спрямованість, яка потребує врахування наукових знань, досвіду, сучасних стандартів, потреб споживачів, організаційних, правових, економічних, фізичних обмежень, вичерпності ресурсів тощо;
- інженерія нерозривно пов'язана з наукою, але відмінності у способах провадження інженерної та науково-дослідницької діяльності накладають особливі вимоги на природничо-наукову підготовку майбутніх інженерів;
- сутність інженерної діяльності може бути представлена як «вирішення проблем» різного масштабу, що потребує ефективних способів адаптації студентів до реальних умов професійної діяльності;
- інженерна діяльність на зламі XX–XXI століть переживає епохальні зміни, що додають до її структури гуманістичний, соціальний, екологічний виміри, а це вимагає випереджувальних дій, спрямованих на модернізацію підходів до професійної підготовки майбутніх інженерів.

Аналіз системи професійної підготовки майбутніх інженерів в Україні й світі дозволяє зробити висновки, що поряд зі збереженням характерних для різних країн рис національних систем вищої освіти існує спільна тенденція щодо поступової адаптації чинних освітніх програм підготовки інженерів до вимог та рекомендацій Європейського простору вищої освіти з одночасним розширенням практичної спрямованості освітніх програм, посиленням ролі загальних компетентностей, збільшенням кількості міждисциплінарних інженерних програм. Попри широкий спектр досліджень, спрямованих на формування теоретичного підґрунтя і практичних механізмів імплементації освітніх інновацій у систему інженерної освіти, проблема адаптації чинних освітніх програм до факторів, що є визначальними для інженерії XXI століття і сучасних вимог інженерної освіти, серед яких прикладна спрямованість підготовки, розвиток загальних компетентностей, спрямованість на чіткі й диференційовані результати навчання, є

недостатньо вивченою і потребує активної дослідницької діяльності з використанням сучасних методів педагогічних досліджень.

Ключове місце в сучасних дослідженнях засад провадження інженерної освіти посідає аналіз світової практики управління якістю вищої інженерної освіти, що реалізується в рамках діяльності незалежних професійних міжнародних акредитаційних агентств. Аналіз акредитаційних вимог показує стійку орієнтацію освітніх програм на результати навчання і перегляд парадигми інженерної діяльності з урахуванням концепції сталого розвитку. Відзначено зростання ролі та значущості гуманістичної концепції освіти, важливими характеристиками якої є співробітництво, довіра, взаємодопомога й емпатія. Визначено передумови формування знанневої парадигми в системі вищої інженерної освіти та висвітлено труднощі (насамперед розрив між ґрунтовною теоретичною підготовкою та навичками роботи у виробничій сфері), породжені її тривалим переважанням.

З огляду на зазначене детального вивчення потребують, зокрема, механізми формування професійної компетентності майбутніх інженерів в умовах інтеграції проектної та інших видів освітньої діяльності студентів упродовж усього циклу освітньої програми. Для цього у контексті нашого дослідження вважаємо доцільним зосередитися на особистісно-гуманістичній та компетентнісній парадигмах вищої освіти. Теоретичні та методичні ідеї вітчизняних дослідників потребують розширення, враховуючи сучасні світові тенденції у сфері інженерної освіти, а саме контекстуалізацію процесу навчання (розширення змісту навчання шляхом міждисциплінарної інтеграції), індивідуалізацію освіти (розширення можливостей студентів у контексті вибору власних траєкторій навчання), гуманізацію та гуманітаризацію підготовки майбутніх інженерів.

Положення, викладені в першому розділі, детальніше розкриті в публікаціях автора (Луценко&Луценко, 2010; Луценко&Бевз, 2011; Луценко&Бевз, 2012; Луценко, 2017а; Луценко, 2017б; Луценко, 2017в; Луценко 2018).

Список використаних джерел до розділу 1

- ABET. (1995). *The Vision for Change: A Summary Report of the ABET/NSF/Industry Workshops*. Baltimore, MD: ABET.
- ABET. (2015). *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>.
- ABET. (2015). *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>.
- ABET. (2017). *About ABET*. Retrieved from <http://www.abet.org/about-abet/>.
- Abraham, M., & Nguyen, N. (2003). Green engineering: Defining principles. *Environmental Progress*, 22(4), 233–236.
- Agazzi, E. (1998). From technique to technology: the role of modern science. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 4(2), 80–85.
- Allen, B. (2008). *Artifice and design: Art and technology in human experience*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Auyang, S. Y. (2009). *Engineering – an endless frontier*. Harvard University Press.
- Barcelona Declaration. (2004). *Engineering education in Sustainable Development*. Conference Barcelona. Retrieved from <http://eesd15.engineering.ubc.ca/declaration-of-barcelona/>
- Bell, D. (1973). *The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting*. New York: Basic Books.
- Bologna Communique. (2005). *The European Higher Education Area-Achieving the Goals. Communique of European Ministers of Responsible for Higher Education*. Bergen.
- Bologna Declaration. (1999). *The European Higher Education Area, Joint Declaration of the European Ministers of Education*. Bologna.
- Bordogna, J. (1997). Making connections: the role of engineers and engineering education. *The Bridge*, 27(1), 11–16. Retrieved from <https://www.nae.edu/19582/>

Bridge/EngineeringCulture/MakingConnectionsTheRoleofEngineersandEngineeringEducation.aspx

- Bordogna, J., Fromm, E., & Ernst, E. W. (1993). Engineering education: Innovation through integration. *Journal of Engineering Education*, 3-8.
- Bourn, D., & Neal, I. (2008). *The Global Engineer: Incorporating global skills within UK higher education of engineers*. London: Department for International Development/ Institute of Education, University of London. Retrieved from <http://eprints.ioe.ac.uk/839/1/Bourn2008Engineers.pdf>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Brooks, H. (1994). The relationship between science and technology. *Research Policy*, 23, 477-486.
- Bucciarelli, L. L. (1994). *Designing Engineering*. Cambridge, MS: The MIT Press.
- Bucciarelli, L. L. (2003). *Engineering philosophy*. Delft, The Netherlands: Delft University Press.
- Bulleit, W., Schmidt, J., Alvi, I., Nelson, E., & Rodriguez-Nikl, T. (2015). Philosophy of Engineering: What it is and why it matters. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 02514003.
- Bunge, M. (1966). Technology as Applied Science. *Technology and Culture*, 7(3), 329-347.
- CEAB. (2016). Retrieved from <https://engineerscanada.ca/sites/default/files/ec-consultation-document.pdf>
- CEAB. (2017). Retrieved from <https://engineerscanada.ca/accreditation/about-accreditation>
- Chatterjee, A. (2005). Mathematics in Engineering. *Current Science*, 88(3), 405-414.
- Cheville, A. (2014). A Century of Defining Engineering Education. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*. Indianapolis, IN.
- Clough, G. (2004). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. National Academy of Engineering. Washington, DC: National Press.

- Clough, G. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. National Academy of Engineering. Washington, DC: National Press.
- Continental. (2006). *Final Report of the Global Engineering Excellence Initiative*. Hannover, Germany: Münstermann GmbH & Co. KG. Retrieved from <http://www.eng.fiu.edu/mme/robotics/EML4551SeniorDesignOrg/GL/QEP-GL-GlobalEngineeringExcellenceInitiative.pdf>
- Coral, J. (2009). *Engineering Education for a Sustainable Future. PhD Dissertation*. Barcelona: Universitat Politecnica de Cataluna.
- Crawley, E. F. (2001). *The CDIO Syllabus. A Statment of Goal for Undergraduate Engineering Edycation*. CDIO. Retrieved from http://www.cdio.org/files/CDIO_Syllabus_Report.pdf
- Crawley, E. F. (2002). Creating the CDIO Syllabus. A Universal Template for Engineering Education. *23rd Frontiers in Education*. 2, pp. 8-12. Institute of Electrical and Electonics Engineering.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed*. Verlag: Springer.
- De Graaff, E., & Ravesteijn, W. (2001). Training complete engineers: global enterprise and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 26(4), 419–427.
- Duderstadt, J. J. (2008). *Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*. Ann Arbor: The University of Michigan. Отримано з http://milproj.dc.umich.edu/publications/EngFlex_report/download/EngFlex%20Report.pdf
- Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). Review of Literature on Theaching Design Throudh project-Oriented Capstone Courses. *Journal of Engineering Education*, 76(1), 17–28.
- Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D., & Leifer, L. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.

- EC. (2017). *Tertiary education statistics*. Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Tertiary_education_statistics
- Edstrom, K., & Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: complementary models for engineering education development. *European Journal of Engineering Education*, 39(5), 539–555.
- ЕНЕА. (2015). *Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG)*. Київ: ТОВ «ЦС».
- Engineering Accreditation Commission. (1996). *Engineering Criteria 2000*. Baltimore, MD: Accreditation Board for Engineering and Technology.
- Engineering Council. (2013). *UK-SPEC standard for professional engineering competence*. Retrieved June 15, 2017, 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)
- European Network for Accreditation of Engineering Education. (2016). *ENAE*. Retrieved May 22, 2016, from <http://www.enaee.eu>
- European Network for Engineering Accreditation. (2015). *EUR-ACE® Framework Standards and Guidelines*. Retrieved June 18, 2017, from <http://www.enaee.eu/wp-assets-enaee/uploads/2015/04/EUR-ACE-Framework-Standards-and-Guidelines-Mar-2015.pdf>
- Evans, D. L., McNeil, B. W., & Beakley, G. C. (1990). Design in Engineering Education: Past Views of Future Directions. *Journal of Engineerin Education*, 79(4), 517-522.
- FEANI. (2010). *FEANI Position Paper on Educational Policy*. Retrieved from http://www.feani.org/site/fileadmin/PDF_Documents/Position_papers/Educationa1_policy_paper_approved_GA_2010.pdf
- FEANI. (2013). *Guide to the FEANI EUR ING Register*. Retrieved from http://www.feani.org/site/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&file=fileadmin/PDF_Documents/EUR_ING_Tittle/Guide_to_the_Register_FINAL_approved_GA_2013.pdf&t=1510605200&hash=df61cfc8358324b3e4a13a7f0286438b1c1437a4
- FEANI. (2017). Retrieved from <http://www.feani.org/site/index.php>
- Felder, R. M. (1982). Does engineering education have anything to do with either one? Towards a system approach to training engineers. In *R.J. Reynilds Industries*

- Award Distinguished Lecture Series*. Raleigh: North Carolina State University. Retrieved from <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/RJR-Monograph.pdf>
- Felder, R. M., Woods, D., Stice, J., & Rugarcia, A. (2000). The future of engineering education. II. Teaching methods that work. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 26–39.
- Gabbay, D. M., Thagard, P., Woods, J., & Meijers, A. W. (Eds.). (2009). *Handbook of the Philosophy of Science* (Vol. Philosophy of technology and engineering sciences). The Netherlands: Elsevier.
- Gillard, D. (2011). Education in England: A Brief History. Retrieved from <http://www.educationengland.org.uk/history/>
- Godfrey-Smith, P. (2003). *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Godin, B. (2006). The Linear Model of Innovation. The Historical Construction of an Analytical Framework. *Science, Technology, & Human Values*, 31(6), 639-667.
- Goel, S. (2006). Competence Focused Engineering Education with Reference to IT Related Disciplines: Is the Indian System Ready for Transformation? *Journal of Information Technology education*, 5, 27–52.
- Goldman, S. L. (2004). Why we need a philosophy of engineering: A work in progress. *Interdisciplinary Science Review*, 29(2), 163–176.
- Grinter, L. E. (1956). Report on the Evaluation of Engineering Education. *Engineering Education*, 46, 25–63.
- Halbe, J., Adamowski, J., & Pahl-Wostl, C. (2015). The role of paradigms in engineering practice and education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 106, 272–282.
- Heitmann, G. (2005). Challenges of engineering education and curriculum development in the context of the Bologna process. *European Journal of engineering Education*, 30(4), 447–458.
- Heywood, J. (2012). Philosophy and undergraduate teaching and learning: Thoughts and perspectives for engineering education.

- Institution of Engineers Australia. (1996). *Changing the Culture: Engineering Education into the Future*. Canberra: IEAust.
- Jorgensen, U. (2007). Historical Accounts of Engineering Education. In E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, D. Brodeur, & K. Edstrom (Eds.), *Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach* (pp. 216–240). New York: Springer.
- King, R. (2008). *Engineers for the Future: addressing the supply and quality of Australian engineering graduates for the 21st century*. Australian Council of Engineering Deans.
- Klaassen, R. G. (2018). Interdisciplinary education: a case study. *European Journal of Engineering Education*. doi:10.1080/03043797.2018.1442417
- Klimenko, A. Y. (2007). Why Does One Need to Be Taught Engineering Logic? *International conference on engineering education* (pp. 114–118). Coimbra: Univ. of Coimbra.
- Klimenko, A. Y. (2017). Notes on advanced engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 1-30. doi:10.1080/03043797.2017.1299691
- Krohn, W., & Schafer, W. (1983). Agricultural chemistry. The origin and structure of a finalized science. In *Finalization in science* (pp. 17-52). Netherlands: Springer.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolution* (2 ed.). (O. Neurath, Ed.) Chicago: The University of Chicago Press.
- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of science*. New York: Routledge.
- Lutsenko, G. V. (2016). Case-study of Mathematics Diagnostic Testing of Ukrainian Engineering Students. In N. Tarasenkova, & L. Kyba (Eds.), *Conceptual framework for improving the mathematical training of young people* (pp. 145–152). Budapest: SCASPEE.
- Maffioli, F., & Augusti, G. (2003). Tuning engineering education into the European higher education orchestra. *European Journal of Engineering Education*, 28(3), 251-273. doi:10.1080/0304379031000098832
- Mahdjoubi, D. (1997). *The Linear Model of Technological Innovation: Background and Taxonomy*. Retrieved from University of Texas: <https://www.ischool.utexas.edu/~darius/04-Linear%20Model.pdf>

- Michelfelder, D. P., McCarthy, N., & Goldberg, D. E. (Ред.). (2013). *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Mitcham, C., & Schatzberg, E. (2009). Defining Technology and The Engineering Science. In D. Gabbay, P. Thagard, J. Woods, & A. Meijers (Eds.), *Handbook of the Philosophy of Science* (Vol. Philosophy of Technology and Engineering Sciences, pp. 27–64). The Netherlands: Elsevier.
- Naisbitt, J., & Aburdene, P. (1990). *Megatrends 2000: Ten new directions for the 1990's*. New York: William Morrow and Company, Inc.
- National Academy of Engineering. (2004). *The Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington, DC: National Academy of Engineering.
- National Science Foundation. (2003). *Conference report on Green Engineering: Defining Principles*. San Destin, Fl.: National Science Foundation.
- OECD. (2011). *A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected Desired/Learning Outcomes in Engineering*. OECD Education Working Papers, No. 60, OECD Publishing. doi:10.1787/5kghtchn8mbn-en
- Prausnitz, J. M. (1991). From Appollo to Prometheus and Hercules: Goals and methods of chemical engineering. *Chem.-Ing.-Tech.*, 63, 447–457.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Prince, M., & Felder, R. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14–20.
- Radder, H. (2009). Science, Technology and The Science-Technology Relationship. In D. Gabbay, P. Thagard, J. Woods, & A. Meijers (Eds.), *Handbook of the Philosophy of Science* (Vol. 9, pp. 65–91). The Netherlands: Elsevier.

- Rubinstein, M. F. (1975). *Patterns of Problem Solving*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Rugarcia, A., Felder, R. M., Woods, D. R., & Stice, J. E. (2000). The future of engineering education. I. A vision for a new century. *Chemistry Engineering Education*, 34(1), 16–25.
- Sato, T., Sobczyk, C., Sakamoto, S., Ishii, N., Tanabe, Y., Goda, M., . . . Wisweh, L. (2008). Differences of Engineering Education Systems Between Japan and Germany – Consideration about Before and After Graduation. *IACEE 11th world conference on continuing engineering*. Atlanta.
- Schon, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. London: Temple Smith.
- Sheppard, S. D. (2003). A Description of Engineering: An Essential Backdrop for Interpreting Engineering Education. *Mudd Design Workshop IV*. Claremont: Harvey Mudd College.
- Sheppard, S. D., & Sullivan, W. (2008). *Educating engineers: Theory, practice, and imagination*. Palo-Alto: Jb-Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K., & Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice? *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 429–428.
- Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K., & Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice? *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 429–428.
- Simon, H. A. (1996). *The Science of the Artificial* (3rd ed.). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Sismondo, S. (2004). *An Introduction to Science and Technology Studies*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Soanes, C., & Stevenson, A. (Eds.). (2003). *Oxford Dictionary of English* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.
- U.S. Department of Labor. (2008). *Occupational Outlook Handbook (2008–2009)*. Washington.

- UNESCO. (2005). *UN Decade of ESD*. Retrieved from <https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development/what-is-esd/un-decade-of-esd>
- UNESCO. (2010). *UNESCO Report. Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development*. Paris: UNESCO Publishing.
- UNESCO-IBE. (2013). *IBE Glossary of Curriculum Technology*. Geneva: Unesco-IBE.
- Van de Poel, I., & Goldberg, D. E. (Eds.). (2010). *Philosophy and engineering: An emerging agenda* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Van Driel, J., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of research in science teaching*, 38(2), 137–158.
- Vincenti, W. G. (1990). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical studies from Aeronautical History*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Williams, R. (2003). Education for the Profession Formerly Known as Engineering. *The Chronicle of Higher Education*, 49(20), B12.
- World Chemical Engineering Council. (2004). *How Does Chemical Engineering Education Meet the Requirements of Employment?* Отримано з <http://www.chemengworld.org/>
- Ziman, J. (2002). *Real science: What it is and what it means*. Cambridge University Press.
- Алексєєва, Л. О., Додонов, Р. О., & Муза, Д. Є. (2010). *Філософія науки і техніки. Навчально-методичний посібник для магістрантов (російською мовою). Видання третє, випр. і доп.* Донецьк: ДонНТУ.
- Андрущенко, Т. В. (2016). Футурологічне бачення перспектив політичного та культурного розвитку людства (на прикладі концепції «Футурошоку» Елвіна Тоффлера). *Науковий вісник. Серія «Філософія»*.(47 (частина 1)), 82-89.
- Бейлин, М. (2013). Нанотехнологии как отражение постнеклассического этапа развития науки. *Науковий вісник Чернівецького університету. Збірник наук. праць.*, 663–664, 139–143.
- Белл, Д. (1996). Прихід постіндустріального суспільства. У. В. Лях, *Сучасна зарубіжна соціальна філософія. Хрестоматія: Навч. посібник* (сс. 194–250). Київ: Либідь.

- Бесов, Л. М. (2004). *Історія науки і техніки. 3-є вид.* Харків: НТУ «ХП».
- Білоус, Т. (2013). Філософія науки у системі сучасної освіти: філософія конкретних наук та філософія експерименту. *Філософська думка, №5*, 113–123.
- Боровков, А. И., Бурдаков, С. Ф., Клявин, О. И., Мельникова, М. П., Пальмов, В. А., & Силина, Е. Н. (2012). *Современное инженерное образование.* Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та.
- Бусел, В. Т. (Ред.). (2005). *Великий тлумачний словник сучасної української мови.* Київ: Перун.
- Войдила, Я. Б. (2017). *Особливості гуманітарно-світоглядної підготовки інженерних кадрів (україно-польський досвід). (Дис. канд. філос. наук).* Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова.
- Волошинов, С. А., Сокол, І. В., & Тригуб, С. М. (2015). Оцінка результатів навчання студентів. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії, 1(12)*, 108–115.
- ВР. (2013). *Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року.* Отримано з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>
- ВР. (2014). Закон України «Про вищу освіту» від 01 липня 2014 року. Отримано з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
- Гнатюк, С. Л. (2014). Пріоритетні напрями підготовки в Україні фахівців з інформаційних технологій. *Стратегічні пріоритети, 4(33)*, 119–124.
- Гончаренко, С. У. (2008). Фундаменталізація професійної освіти як дидактичний принцип. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія, 2*, 87–91.
- Гумбольдт, В. (1998). О внутренней и внешней организации высших научных заведений в Берлине. *Университетское управление: практика и анализ, 3*.
- Добронравова, І., Білоус, Т., & Комар, О. (2009). *Новітня філософія науки.* Київ: Логос.
- Дуда, Г. (1998). Введение к меморандуму Вильгельма фон Гумбольдта. *Университетское управление: практика и анализ, 3*, 24–27.

- Євробюлетень. (2010). Європейська Рада схвалила Стратегію Європа-2020. *Євробюлетень*, 4, с. 16.
- Жук, О. І. (2014). Вища інженерна система освіти: американський досвід та українські реалії. *Педагогічна освіта: теорія і практика*, 17, 33–36.
- Зуєв, В. М. (2010). Поняття технології в сучасній філософії. *ВІСНИК НТУУ «КПІ»*. *Філософія. Психологія. Педагогіка.*, 3, 23–26.
- Зуєв, В. М. (2012). Поняття технології у новітньому філософському дискурсі. *Вісник НТУУ «КПІ»*. *Філософія. Психологія. Педагогіка.*, 3, 29–35.
- Карпаш, М., Крижанівський, Є., & Карпаш, О. (2014). Вища інженерна освіта в умовах сталого розвитку суспільства. *Вища освіта України*, 2, 55–60.
- КМУ. (2011). Постанова Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 року №1341 «Про затвердження Національної рамки кваліфікацій». Отримано з <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>
- Комаха, Л. Г. (2015). Трансформація методологічних образів науки в логічних доказах постпозитивізму. *Філософські обрії*, 34, 144–151.
- Король, А. (2016). Вища освіта України: етапи розвитку. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. *Серія: Педагогічні науки*, 1(52), 93–97.
- Кремень, В. Г. (2005). *Освіта і наука в Україні - інноваційні аспекти. Стратегія. Реалізація. Результати*. Київ: Грамота.
- Кремень, В. Г. (Ред.). (2016). *Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні*. Київ: Педагогічна думка.
- Кремень, В. Г., & Ільїн, В. В. (2005). *Філософія: мислителі, ідеї, концепції*. Київ: Книга.
- Кун, Т. (2001). *Структура наукових революцій*. Київ: Port-Royal.
- Курок, О. І., Курок, В. П., & Галай, В. М. (2013). *Історія техніки: навчальний посібник*. (В. П. Курок, Ред.) Глухів: ГНПУ ім. О. Довженка.
- Липкин, А. И. (Ред.). (2015). *Философия науки* (изд. 2-е). Москва: Издательство Юрайт.

- Луценко, Г. В. (2011). CDIO-ініціатива у контексті інженерної освіти. *Міжнародна науково-практична конференція «Удосконалення форм і методів підготовки професійно компетентних працівників освіти»* (сс. 68-69). Черкаси: Вид. відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Луценко, Г. В. (2017а). Інженерна освіта в постіндустріальному суспільстві. *Science and Education a New Dimension*, 25(147), 22-25.
- Луценко, Г. В. (2017б). Огляд сучасних стандартів підготовки інженерних кадрів. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки*, 4(59), 305–310.
- Луценко, Г. В. (2017в). *Професійна підготовка майбутніх інженерів на засадах проектно орієнтованого навчання*. Черкаси: Видавець Чабаненко Ю. А.
- Луценко, Г. В. (2018). Проблемно та проектно орієнтоване навчання у контексті потреб української інженерної освіти. *Science and Education a New Dimension*, VI (64)(154), 40–43.
- Луценко, Г. В., & Бевз, В. П. (2011). Особливості професійного формування студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету*, 209(2), 123–128.
- Луценко, Г. В., & Бевз, В. П. (2012). Проектно-орієнтована інженерна освіта – сучасні тенденції та перспективи. *Вища освіта України*, 3(46), 70–79.
- Луценко, Гр. В., & Луценко, Г. В. (2010). Науково-дослідницька діяльність студентів у творчих колективах як методологічна основа підвищення якості підготовки фахівців. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 181(3), 137–140.
- МЕРТ України. (2010). Національний класифікатор професій ДК 003:2010 України. *Наказ Держспоживстандарту України від 28.07.2010 № 327*. Отримано з <http://www.dk003.com/>
- Митчем, К. (1995). *Что такое философия техники?* (В. Г. Горохов, Ред.) Москва: Аспект Пресс.
- Муратова, І. А. (2016). Понятійний простір філософського осмислення технології. *Філософія і полотологія в контексті сучасної культури*, 3, 151–159.

- Мусієнко, І. В., & Ткаченко, С. С. (2005). Передумови виникнення вищої технічної освіти в Україні. *Дослідження з історії техніки* : зб. наук. пр., 6, 103–115.
- Нейсбит, Д. (2003). *Мегатренды*. (М. Б. Левин, Перев.) Москва: АСТ.
- НТУУ «КПІ». (2017). Отримано з Офіційного сайту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <http://kpi.ua/history-founders>
- Овчарук, О. В. (2003). Компетентності як ключ до оновлення змісту освіти. у *Стратегія реформування освіти в Україні: рекомендації з освітньої політики* (за заг. ред. В. Андрущенка) (сс. 13–42). Київ: «К.І.С».
- Оноприєнко, В. И., & Щербань, Т. А. (1990). *Становление высшего технического образования на Украине*. Киев: Наукова думка.
- Онопрієнко, В. І. (1998). *Історія української науки XIX-XX століть: Навчальний посібник*. Київ: Либідь.
- ООН. (3-14 Червень 1992 р.). *Декларація з навколишнього середовища та розвитку*.
Отримано з Офіційного порталу Верховної Ради України:
http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_455
- Підласий, І. П. (2004). *Практична педагогіка або три технології: інтерактивний підручник для педагогів ринкової системи освіти*. Київ: Видавничий Дім «Слово».
- Подлесний, С. В., Єрфорт, Ю. О., & Іскрицький, В. М. (2004). *Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник*. Краматорськ: ДДМА.
- Поппер, К. (1983). *Логика и рост научного знания*. Москва: Прогрес.
- Причепій, Є. М., Черній, А. М., & Чекаль, Л. А. (2009). *Філософія: підручник*. (3-тє вид.). Київ: Академвидав.
- Рашкевич, Ю. М. (2009). *Студент - Університет - Ринок праці: пряма, чи трикутник?* Отримано з <https://www.tempus.org.ua/uk/national-team-here/241-student-universitet-rinok-praci-prama-chi-trikutnik.html>
- Розин, В. М. (Ред.). (1997). *Философия техники: история и современность*. Москва: ИФРАН.

- Романовський, О. Г. (2003). Сучасна філософія освіти як методологічна основа управлінської підготовки гуманітарно–технічної еліти. *Наукові праці Миколаївського держ. гуманітарного університету ім. Петра Могили. Сер.: Педагогічні науки.*, 28(15), 13–18.
- Романовський, О. Г., Пономарьов, О. С., Ігнатюк, О. А., Резнік, С. М., Підбуцька, Н. В., Гура, Т. В., . . . Воробйова, Є. В. (2011). *Формування психологічної готовності майбутніх фахівців до професійної діяльності.* (О. Г. Романовський, & О. С. Пономарьов, Ред.) Харків: НТУ «ХП».
- СКМ. (2012). *Випускники українських ВНЗ очима роботодавців.* Отримано з https://www.yourcompass.org/docs/Employees%20on%20University_Graduates.pdf.
- СКМ. (2013). *Досвід працевлаштування випускників вищих навчальних закладів: погляд випускників та роботодавців.* Отримано з <http://bestuniversities.com.ua>
- Степин, В. С., Горохов, В. Г., & Розов, М. А. (1996). *Философия науки и техники.* Москва: Гардарики.
- Терентьева, Н. О. (2016). *Тенденції розвитку університетської освіти в Україні (друга половина ХХ - початок ХХІ століття).* (Дис. доктора пед.наук.). Київ: НАПН України, Інститут вищої освіти.
- Товажнянський, Л. Л., & Мамалуй, А. О. (2009). Гуманізація – стратегічний напрямок розвитку інженерної освіти ХХІ сторіччя. у Л. Л. Товажнянський, & О. Г. Романовський (Ред.), *Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: зб. наук. праць* (Томи 23–24, сс. 3–12). Харків: НТУ «ХП».
- Товажнянський, Л. Л., Романовський, О. Г., & Пономарьов, О. С. (2002). *Формування і реалізації концепції підготовки національної гуманітарно-технічної еліти в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут»:* Навч. посібник. Харків: НТУ «ХП».
- Тоффлер, Е. (2000). *Третя хвиля.* (А. Євс, Перекл.) Київ: Видавничий дім «Всесвіт».
- Туркот, Т. І. (2011). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* Київ: Кондор.

- Тяпин, И. Н. (2014). *Философские проблемы технических наук: учебн. пособие*. Москва: Логос.
- Федосова, І. (2012). Розвиток вищої інженерно-технічної освіти в Україні (20–30-ті роки ХХ століття). *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, 3, 346–354.
- Фейерабенд, П. (1986). *Избранные работы по методологии науки*. Москва: Прогресс.
- Фініков, Т. В., & Шаров, О. І. (Ред.). (2014). *Моніторинг інтеграції української системи вищої освіти в Європейський простір вищої освіти та наукового дослідження: моніторинг. дослідж.: аналіт. звіт*. Київ: Таксон.
- Чучалин, А. И. (2011). *Качество инженерного образования. Монография*. Томск: Изд-во Томского политехнического университета.
- Шатоха, В. (Ред.). (2016). *Європейський досвід підготовки інженерів для сталого розвитку*. Дніпропетровськ: «Дріант».
- Шинкарук, В. І. (2002). *Філософський енциклопедичний словник / НАН України, Ін-т філософії ім. Г. С. Сковороди; редкол.: В. І. Шинкарук (голова)*. Київ: Абрис.
- Южно, О. І. (2016). *Діяльність політехнічних ВНЗ у контексті розвитку вищої технічної освіти в Україні (друга половина ХХ століття)*. (Автореферат дис. канд. пед. наук). Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ У ПЕДАГОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ

2.1. Організація і методика дослідження проблеми професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Організація методологічного та теоретично значущого науково-педагогічного дослідження неможлива без оволодіння методами наукового пізнання й логікою дослідницького процесу. Серед факторів, що обумовлюють специфіку педагогічних досліджень, учені виділяють низку ключових (Coral, 2009, р. 67):

1. Власне освітня реальність. Освітня реальність є поєднанням динамічних та інтерактивних явищ, причому деякі з них є надзвичайно складними (наприклад, морально-етичні засади учасників освітнього процесу, процесу, їхні переконання, цінності тощо), що призводить до суб'єктивності та невизначеності результатів і спонукає до розмежування освітньої та природничо-наукової реальностей.

2. Велика епістемологічна складність освітніх явищ. Серед чинників, що формують таку складність виділяють:

- факт, що освітні явища в переважній більшості випадків не підлягають відтворенню;
- складність отримання точності та визначеності такого ж рівня як для природничих та точних наук;
- складність контролю над усіма змінними, що є складовими досліджуваного освітнього явища.

3. Мультипарадигмальний характер. Дослідження у сфері освіти характеризуються можливістю розгляду освітніх явищ з різних позицій та з використанням різних методів і їх поєднань, що ускладнює узгодження різних освітніх парадигм.

4. Специфічний зв'язок між дослідником та досліджуваним об'єктом. В освітніх дослідженнях дослідник є частиною явища, що досліджується, а також носієм певних цінностей, ідей, переконань тощо. Дослідник не є повністю незалежним чи нейтральним відносно досліджуваних явищ.

5. Мультиметодологічний характер. Освітні явища потребують використання різних підходів, експериментальних і неекспериментальних з метою вивчення освітньої реальності з позицій усебічності та цілісності.

6. Складність досягнення наукових цілей. Однією з цілей наукових досліджень є встановлення правил та їх узагальнення для низки досліджуваних явищ. У випадку освітньої реальності виведення узагальнювальних положень відчутно ускладнюється, оскільки освітні явища є надзвичайно варіабельними в часі й просторі.

У ході планування дослідницької діяльності ми орієнтувалися на праці з методології педагогічних досліджень (Гончаренко, 2008а; Сисоєва & Кристопчук, 2013; Тверезовська & Сидоренко, 2013), що дозволило виділити основні етапи нашої розвідки (рис. 2.1):

1. Вибір (формулювання) наукової проблеми.
2. Ознайомлення зі станом її розробленості шляхом опрацювання наявних досліджень за обраною темою.
3. Детальне визначення мети й завдань дослідження, формулювання гіпотези дослідження, перевірка якої буде здійснюватися в ході дослідницької роботи.
4. Вибір методів дослідження.
5. Проведення дослідження й накопичення матеріалів за його результатами.
6. Аналіз та обробка результатів дослідження, оцінювання їх значення.
7. Підготовка узагальнювальних матеріалів за результатами дослідження.
8. Упровадження отриманих результатів у практику педагогічної діяльності.
9. Оцінювання значущості отриманих результатів шляхом співвіднесення з науковими результатами, отриманими раніше; прогнозування перспектив їх використання.

Базовими поняттями наукової діяльності у сфері педагогіки є *наукові знання, наука, науковий метод та наукове дослідження*.

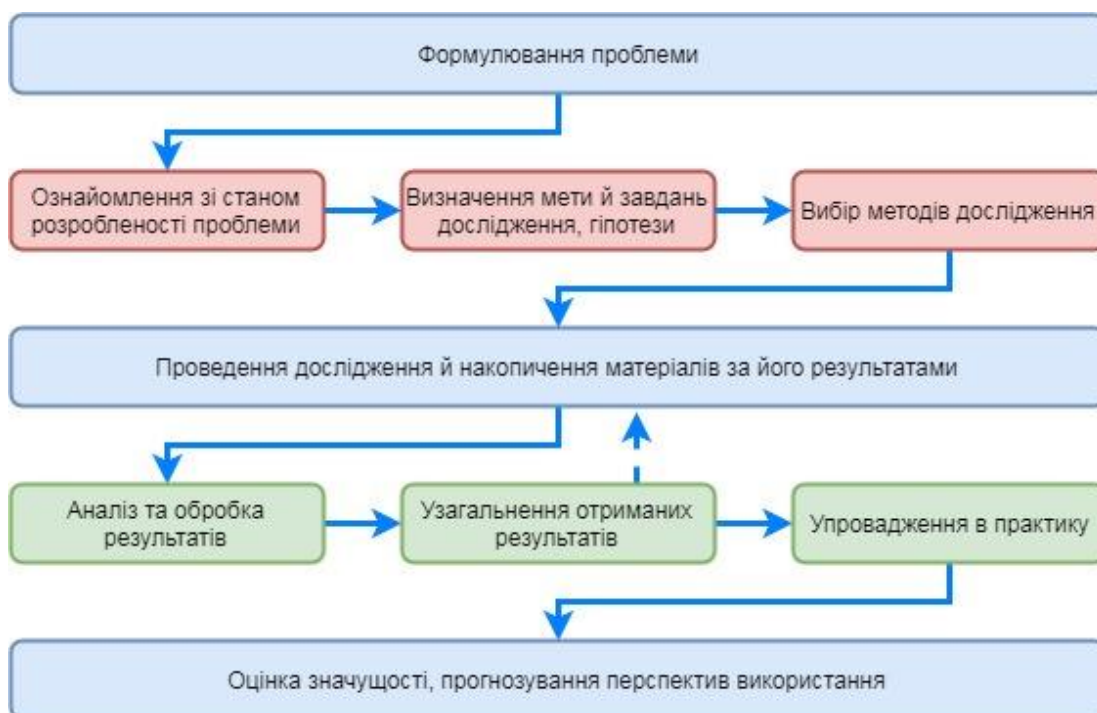


Рис. 2.1. Структурна схема етапів дослідження

Наукові методи дослідження є способами пізнання явищ дійсності, що дозволяють вирішувати наукові завдання. Характерними ознаками наукових методів дослідження є об'єктивність, відтворюваність, евристичність, конкретність тощо (Гончаренко, 2008а). Сукупність методів дослідження та способи їх поєднання утворюють методику конкретного дослідження (Vorrego, Douglas, & Amelink, 2009).

Повертаючись до способів класифікації наукових методів дослідження, відзначимо, що за рівнем проникнення в сутність досліджуваного явища виділяють дві основні групи: методи емпіричного дослідження та методи теоретичного дослідження. Методи теоретичного дослідження пов'язані з загальнонауковими логічними методами пізнання: аналізом, синтезом, абстрагуванням, узагальненням, порівнянням, моделюванням, індукцією і дедукцією тощо. Емпіричні методи ґрунтуються на досвіді, практичних аспектах, експериментах, тоді як теоретичні методи пов'язані, зокрема, з побудовою моделей. До емпіричних методів педагогічних досліджень належать методи вивчення джерел різних типів (наукової

і методичної літератури, педагогічної документації, архівних матеріалів тощо), педагогічне спостереження, різні види педагогічних експериментів, опитування, бесіда, метод експертних оцінок тощо (Cohen, Manion, & Morrison, 2007; Гончаренко, 2008а). Зазначимо, що при реалізації педагогічного дослідження емпіричні та теоретичні методи використовуються як взаємодоповнювальні.

Аналогічно взаємодоповнювально використовувалися кількісні та якісні методи педагогічних досліджень. Кількісні педагогічні дослідження можуть реалізовуватися в рамках експериментального, квазіекспериментального та неекспериментального підходів.

Експериментальні методи («істинні») передбачають оперування однією або декількома незалежними змінними для визначення її впливу на залежну змінну й застосування випадкової стратегії створення еквівалентних груп (Coral, 2009). Квазіекспериментальні плани є подібними до «істинних» експериментальних планів за винятком ключового інгредієнта – попереднього вирівнювання груп. У випадку квазіекспериментальних планів група формується до початку експерименту й порівняння здійснюється між результатами тестування до та після впливу, що поширено в освітньому контексті, де конфігурація груп студентів не має альтернатив. Такий тип експериментів також називається природнім (Сисоєва & Кристопчук, 2013). Квазіекспериментальні плани є прийнятними, коли дослідження відбувається в природньому освітньому середовищі та відсутній повний експериментальний контроль. Брак контролю та точності може бути подоланий проведенням експерименту декілька разів (Coral, 2009). Зазначимо, що багато зв'язків, що спричиняють певні освітні ефекти, можуть проявлятися до початку дослідження, таким чином випадаючи з поля зору дослідника. Однак порівняння даних від різних груп дозволяє зробити висновки про відносну ефективність кожного набору незалежних змінних.

Якісні методи педагогічних досліджень ґрунтуються на феноменологічних та релятивістських позиціях і передбачають спостереження й опис частинних випадків. Характерним для якісних методів досліджень є використання неструктурованих методів збору даних та комплексний аналіз ситуації.

Дослідницьке завдання при цьому можна визначити як інтерпретацію спостережуваних явищ, формування концептуального розуміння їх характерних рис. Логіка аналізу явищ в якісних дослідженнях має індуктивну природу.

У випадку, коли завданням дослідження (чи одним з його етапів) є з'ясування точки зору безпосередніх учасників освітнього процесу – викладачів, студентів, адміністрації, роботодавців, доречним є використання методів анкетування (опитування). На сучасному етапі опитування можуть проводитися у вигляді інтерв'ю (усним способом), шляхом паперового чи електронного анкетування, причому анкети, що пропонуються респондентам, можуть містити різні види запитань – відкриті, закриті, напівзакриті, а також запитання-фільтри та запитання на ранжування (Гончаренко, 2008а).

Використання опитувань є доречним, коли мова йде про оцінювання «відгуку», тобто рівня сприйняття учасниками педагогічного дослідження впроваджуваних підходів, ідентифікації їх позитивних та негативних сторін, а також як один зі способів самооцінювання студентів та викладачів за результатами певного виду навчальної діяльності. У такому випадку доцільним є використання шкали оцінок Лайкерта (інколи використовується інший варіант написання прізвища автора методу – Лікерт), семантичної диференційованої шкали, шкали Гуттмана тощо (Cohen, Manion, & Morrison, 2007).

Метод оцінок Лайкерта (метод сумарних оцінок), представлений у 1932 році Ренсісом Лайкертом, пропонує респонденту оцінити власне ставлення до запропонованого судження за допомогою спеціальної шкали. Залежно від досліджуваної ситуації формулювання суджень та варіанти відповідей можуть варіюватися. Так, наприклад, у випадку п'ятиточкової шкали, респондент може обрати один із п'яти варіантів: «1» – повністю не згодний; «2» – не згодний; «3» – можливо; «4» – згодний; «5» – повністю згодний. У випадку чотириточкової шкали відповіді можуть бути такими: «1» – не важливо; «2» – частково важливо; «3» – важливо; «4» – надзвичайно важливо.

Така шкала дозволяє виразити ставлення респондента до досліджуваної ситуації (так звану латентну змінну) за допомогою суми балів (у випадку, коли

респондент відповідає на сукупність пов'язаних між собою запитань). Як і для інших видів анкет, побудова шкали Лайкерта передбачає проведення попередніх досліджень, що дозволять відібрати оптимальні запитання та варіанти відповідей. Типовою проблемою, що виникає при застосуванні шкали Лайкерта, є схильність респондентів уникали різко позитивних чи негативних відповідей, що може бути вирішено шляхом використання шкали з парною кількістю позицій. Хоча за своєю структурою шкала Лайкерта є порядковою, з метою оптимізації досліджень вона розглядається як інтервальна. При цьому, якщо відстані між сусідніми балами (тобто чи, на думку респондента, «відстані» між «не згоден» і «можливо» та між «можливо» і «згоден» є еквівалентними) не є однаковими, вважається, що цим можна знехтувати (Trochim, 2006).

Для отримання змінних емпіричних даних використовується метод експертних оцінок, за допомогою якого досліджуються проблеми, які складно формалізувати (Сисоєва & Кристопчук, 2013). При використанні методу експертних оцінок для оцінювання явища залучаються компетентні фахівці, які визначають певні змінні величини, потрібні для оцінювання досліджуваного питання. Відбір експертів та оцінювання репрезентативності експертної групи здійснюються шляхом анкетування її учасників для з'ясування, наприклад, їхнього педагогічного стажу, наявності публікацій з проблематики дослідження тощо. Визначення ключових питань дослідження відбувається в декілька етапів. На першому з них відбувається дискусія експертів, за результатами якої формується таблиця запитань. Отримані відповіді обробляються статистичними методами, аналізуються та обговорюються на зборах експертів.

Серед якісних методів, що активно впроваджуються в педагогічних дослідженнях протягом останніх років, виділяють метод кейсів/випадків (case-study), сходження до теорії (grounded theory), діяльне дослідження (action research) (Dresch, Lacerda, & Miguel, 2015).

Метод кейсів посідає особливе місце в освітніх дослідженнях, його застосовують для ілюстрації певних принципів, що відображають ключові характеристики досліджуваного явища «в дії» (Cohen, Manion, & Morrison, 2007).

При цьому відокремленими досліджуваними об'єктами можуть бути студент, група, інститут, університет тощо. Незважаючи на певну методологічну невизначеність, що спостерігається стосовно методу кейсів, він є потужною дослідницькою стратегією, яка має важливе практичне значення. Метод кейсів дозволяє здійснювати глибинні дослідження одиничних ситуацій з метою осягнення значно ширшого класу подібних випадків (Власова, 2012). Вивчаючи певну ситуацію чи подію, ми фактично здійснюємо відбір ситуацій для подальшого аналізу. При цьому поняття «випадок» (case) визначається як певний обмежений у просторі феномен, що розглядається у певний момент часу чи протягом визначеного проміжку. Серед ознак методу кейсів виділяють, зокрема (Cohen, Manion, & Morrison, 2007):

- охоплення всього різноманіття описів, що застосовуються до досліджуваної ситуації;
- забезпечення хронологічного представлення подій, що відповідають досліджуваному випадку;
- поєднання опису подій та їх аналізу;
- фокус на окремих учасниках дослідження чи їх групах та намагання зрозуміти їх ставлення до досліджуваних подій;
- у ньому висвітлюються конкретні події, що мають відношення до досліджуваного явища;
- дослідник є учасником процесів, що відбуваються.

Особливістю методу кейсів є гнучкість дослідницького підходу, яка дозволяє досліднику коригувати стратегію поведінки, коли отримано нові емпіричні дані. Таким чином, дослідник вільний від пріоритетної парадигми й працює в режимі мультипарадигмальності, що виражається відсутністю наперед відпрацьованих теоретичних обмежень (Полухина, 2013). Наслідком є також принцип мультиметодичності, що виражається в застосування широкого спектру дослідницьких технік та джерел інформації. У випадку педагогічних досліджень такими джерелами можуть бути навчальні плани, навчально-методичні матеріали, відомості про академічну успішність, інтерв'ю та опитування тощо.

Ще одним важливим принципом методу кейсів є його холистичність, що пов'язано з обмеженістю можливостей позитивістських підходів у випадку складних освітніх явищ та необхідністю їх вивчення з позицій багатогранності та контекстуальності. Для цієї стратегії актуальною є перехресна перевірка даних з використанням процедури тріангуляції – застосування різних методів і джерел для подальшого аналізу. Тріангуляція може стосуватися процедури накопичення даних, дослідницької діяльності та методології (Denzin, 1989). Тріангуляція даних при використанні методу кейсів поділяється на:

- особистісну тріангуляцію (рівень дослідника та групи дослідників);
- часову тріангуляцію (у проведенні повторного дослідження чи продовженні його тривалості в часі);
- просторову тріангуляцію (порівняльні дослідження).

У випадку дослідницької тріангуляції схожі ситуації розглядаються групою вчених. Методологічна тріангуляція спрямована на перевірку методу при його багатократному застосуванні для одного об'єкта.

Зазначимо, що метод кейсів може застосовуватися відокремлено або як складова інших методів педагогічних досліджень, серед яких виділимо *проектно-дослідницький* (design based research) (Листопад, 2010).

Як зазначено в книзі С. Гончаренка «Педагогічні дослідження» (2008а), у методу педагогічного моделювання є «термін-партнер», який часто вживають у наукових працях, а саме проектування. *Моделювання* – це теоретичне чи практичне дослідження об'єкта, під час якого вивчають не власне об'єкт пізнання, а допоміжну штучну або природну систему, яка перебуває в певному об'єктивному відношенні до нього, здатна його замінювати в певному аспекті та яка в процесі вивчення врешті-решт дає інформацію саме про об'єкт, що моделюється (Сидоренко & Дмитренко, 2000). Поруч із цим одним із трактувань терміна «проектування» є «діяльність зі створення (опрацювання, планування, конструювання) якоїсь системи, об'єкта або моделі» (Гончаренко, 2008а, с. 122). Проектування у педагогічних дослідженнях спрямоване на створення моделей запланованих (майбутніх) процесів і явищ (на відміну від моделювання, яке може поширюватися

і на минулий досвід). Можливими є чотири види результату педагогічного проектування: педагогічна система, система управління освітою, система методичного забезпечення, проект освітнього процесу.

Відповідно до матеріалів закордонних публікацій проектно-дослідницький підхід у контексті освітнього процесу вперше було розвинуто в працях Енн Броун (Brown A. L., 1992), яка вказала, що лабораторні умови не задовольняють всі аспекти, пов'язані з поясненням перебігу чи якихось особливостей процесу навчання в аудиторних умовах. Зважаючи на обмеження педагогічних лабораторних експериментів, вона запропонувала розглядати навчальну аудиторію як лабораторію (Shinde, 2014). Того ж року Аланом Коллінзом та колегами було введено поняття «*проектна наука*» (design science).

Як зазначено в статті Олени Листопад, обговорення суті та специфіки провадження проектно-дослідницького методу є тривалим процесом. У статті дослідниці наведено визначення: «Проектно-дослідницький метод є різновидом методології сучасного педагогічного дослідження, оскільки спрямований на удосконалення педагогічної практики через систематичні повторювані експерименти, аналіз, проектування, розвиток і реалізацію тісної співпраці між дослідниками і практикаками в реальному середовищі, що приводить до формування нових знань, наукових ідей і положень» (Листопад, 2010). Таким чином, можна стверджувати, що проектно-дослідницький метод поєднує відомий метод педагогічного проектування та ітераційний підхід, запозичений з методології інженерної діяльності.

У процесі педагогічного проектування відбувається (Гончаренко, 2008а):

- аналіз розвитку педагогічної ситуації і формулювання проблеми;
- формулювання ідей у рамках визначених підходів, спрямованих на вирішення суперечностей і проблем;
- побудова моделі педагогічного об'єкта, яка відповідає поставленим цілям;
- формулювання припущення про шляхи переходу від наявного стану до стану за якого буде досягнуто поставлених цілей;

- формулювання пропозицій про варіанти поетапної діяльності;
- встановлення критеріїв оцінювання рівня досягнення поставлених цілей;
- вибір оптимального варіанта проекту;
- реалізація проекту; аналіз та коригування;
- узагальнення результатів та представлення отриманого досвіду.

До основних рис проектно-дослідницького методу належать:

- практична обґрунтованість;
- об'єктивність;
- співпраця, що ґрунтується на пошуку компромісу, гнучкості, повторюваності;
- інтегративність та комплексність;
- результативність.

При безпосередній реалізації проектно-дослідницького методу необхідним є дотримання низки вимог (Shinde, 2014, p. 32):

1. Проектні експерименти виконуються в природному контексті.
2. Проектні експерименти охоплюють декілька методів збору даних.
3. Оскільки проектні експерименти проводяться в складному за своєю природою освітньому контексті, неможливим є встановлення єдиного проекту (способу проектування) для вирішення всіх проблем. Для досягнення надійнішого результату дослідницька робота має поступово вдосконалюватися. Таким чином, проектно-дослідницька діяльність є ітераційною за своєю природою, характеризується гнучкістю й адаптивністю.
4. Проектно-дослідницький метод характеризується декількома змінними. Основне завдання методу полягає у визначенні таких змінних, які дозволять зрозуміти яким чином вони впливають на освітній процес та характеризують освітній контекст. Такий аспект демонструє відмінність освітніх досліджень від лабораторного експерименту, де змінні контролюються.
5. Проектно-дослідницький метод часто приводить до розроблення нової теорії.

6. Проектні експерименти сприяють інноваціям в освіті.

Результати, отримані в ході проектно-дослідницької діяльності, можуть використовуватися для формування нових теорій, розроблення на їх основі інноваційних технологій та набувати практичного застосування. Зазначимо, що проектно-дослідницький метод є достатньо складним для дослідника в процесі його використання, адже вимагає розвинутого творчого підходу, вміння працювати зі значним масивом інформації та швидко адаптувати процес дослідження до нових вимог та обставин.

На *першому етапі нашого дослідження* основна увага приділялася формулюванню проблеми, що вимагало здійснення пошуку інформації стосовно обраної теми. Актуальність дослідницької діяльності за обраною тематикою зумовлювалася необхідністю:

- підготовки в системі вищої інженерної освіти України майбутніх інженерів, які володіють широким спектром фахових і загальних компетентностей, необхідних для успішного провадження професійної діяльності в сучасних умовах, коли зростає роль командних навичок, винахідництва та підприємливості, організаційних і лідерських якостей, навичок роботи з інформацією;

- урахування мультидисциплінарної природи інженерної діяльності в системі професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах дигіталізації й глобалізації буття, нарощування складності інженерних рішень та їх використанні в системі Інтернету речей тощо;

- забезпечення гнучкості й адаптивності освітніх програм підготовки майбутніх інженерів в умовах інтенсивної появи нових технологій, матеріалів і врахуванні того, що частини професій, з якими доведеться зіткнутися випускникам інженерних спеціальностей, ще не існує.

З метою формулювання проблеми дослідження було використано емпіричні методи дослідження (проаналізовано інструктивно-нормативну документацію, що включала стандарти і проекти стандартів вищої освіти для інженерних спеціальностей, освітньо-кваліфікаційні характеристики й освітньо-кваліфікаційні програми підготовки інженерів у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих та

інформаційних технологій, вимоги до сучасних інженерів відповідного спрямування, навчальні плани й навчально-методичні матеріали для різних інженерних спеціальностей).

На *другому етапі дослідження* виконувалося завдання щодо виявлення стану розробленості досліджуваної проблеми в педагогічній науці, інженерній практиці й практиці навчання. Для реалізації цього завдання дослідження передбачалося:

- здійснити ретроспективний огляд становлення та розвитку інженерії як особливого виду людської діяльності й визначити особливості її провадження в умовах постіндустріального суспільства;
- проаналізувати сутність інженерної діяльності, здійснити термінологічний аналіз понять «наука», «техніка» та «інженерія», встановити взаємозв'язки між цими поняттями, їх роль у формуванні науково-інженерної картини світу й засад підготовки майбутніх інженерів;
- здійснити аналіз становлення та розвитку інженерної освіти в Україні та світі; проаналізувати організаційні засади чинних систем інженерної освіти;
- розглянути сучасний стан системи професійної підготовки майбутніх інженерів в Україні, визначити її переваги та проблемні аспекти функціонування з позицій науковців, освітян та роботодавців;
- здійснити аналіз світового досвіду оцінювання якості освітніх програм підготовки майбутніх інженерів й кваліфікації професійних інженерів;
- сформулювати узагальнений опис основних сучасних вимог до професійних та особистісних якостей майбутніх інженерів за матеріалами провідних інженерних співтовариств.

Для вирішення цього завдання використовувався метод аналізу філософської, педагогічної, психологічної, інженерної літератури, нормативно-правових документів, статистичних матеріалів (результатів опитувань українських роботодавців і випускників), звітів та програмних матеріалів професійних об'єднань інженерів та представників інженерної освіти.

Аналіз акредитаційних матеріалів світових агентств здійснювався з використанням методу ранжування для формування узагальненого представлення

професійних і особистісних якостей. Методи синтезу, узагальнення й систематизації використовувалися для деталізації понять «наука», «інженерія», «техніка» та встановлення взаємозв'язків між сутностями, що визначаються цими поняттями.

За результатами цього етапу зроблено висновок, що проблема професійної підготовки майбутніх інженерів вивчена недостатньо і потребує розв'язання з використанням сучасних методів педагогічних досліджень.

Третій етап передбачав уточнення проблеми дослідження та розроблення детального плану дослідження. Аналіз поточного стану наукових досліджень і практичних аспектів підготовки студентів інженерних спеціальностей виявив низку суперечностей, зокрема, між:

- потребами працедавців у професійній підготовці майбутніх інженерів, які володіють широким спектром професійних та особистісних компетентностей, і застарілим наповненням й організацією освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей;
- принципами студентоцентрованого навчання та самонавчання, що відповідають Стандартам та рекомендаціям щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти і реальній практиці підготовки майбутніх інженерів у рамках традиційних предметних підходів;
- мультидисциплінарною природою інженерії й предметним підходом до розроблення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів;
- зростаючими вимогами до системи оцінювання академічних досягнень студентів з урахуванням не лише знань, а й компетентностей як запоруки підвищення якості професійної підготовки й важливого фактора мобільності студентів і недосконалістю практичних механізмів імплементації оновлених систем оцінювання;
- необхідністю інтеграції теоретичних знань та практичних навичок з метою підготовки майбутніх інженерів до професійної діяльності у швидкозмінному світі на засадах сталого розвитку й недосконалістю чинних методичних розробок.

Об'єктом дослідження є професійна підготовка майбутніх інженерів у системі вищої інженерної освіти України, а *предметом* – система професійної підготовки майбутніх інженерів у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих і інформаційних технологій в умовах проектно орієнтованого навчання.

Указана діяльність дозволила визначити основні напрями за тематикою дослідження, мету й завдання роботи.

Мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні теоретичних та методичних засад професійної підготовки майбутніх інженерів, розробленні та експериментальній перевірці ефективності системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Відповідно до мети дослідження було сформульовано дослідницькі **завдання**:

1. Виявити стан розробленості досліджуваної проблеми в педагогічній науці, практиці та схарактеризувати сутність і роль інженерної діяльності у формуванні сучасної науково-інженерної картини світу.

2. Розробити й теоретично обґрунтувати концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання в університеті.

3. Визначити та обґрунтувати методологічні підходи до професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

4. Визначити й обґрунтувати засадничі положення проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії професійної підготовки майбутніх інженерів.

5. Визначити та обґрунтувати принципи, педагогічні умови та спроектувати модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

6. Розробити систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, визначити зміст, форми, методи, засоби, педагогічні технології.

7. Розробити орієнтоване на використання сучасних програмних продуктів і технологій методичне забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

8. Експериментально перевірити ефективність розробленої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

9. Визначити прогностичні напрями професійної підготовки майбутніх інженерів.

На основі обраних методологічних і теоретичних позицій сформульовано *загальну гіпотезу дослідження*: формування професійної компетентності майбутніх інженерів буде ефективним, якщо здійснюватиметься на основі теоретично та методично обґрунтованої, розробленої й впровадженої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Загальну гіпотезу дослідження конкретизовано в *часткових гіпотезах*:

– ефективність процесу формування професійної компетентності майбутніх інженерів залежить від інтенсивності контекстуалізації процесу навчання, коли формування загальних компетентностей відбувається в інженерно орієнтованому контексті;

– упровадження проектно орієнтованих підходів є ефективним у контексті диверсифікації професійних ролей майбутніх інженерів, які таким чином отримують можливість діяти як інженери-розробники, дослідники та управлінці;

– інтегроване впровадження проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання забезпечує адаптивність наповнення видів освітньої діяльності студентів та організаційних аспектів, позитивно впливає на формування здатності до самонавчання, зокрема в частині ідентифікації студентами власних освітніх потреб, самоспрямованого навчання, навичок командної роботи і управління.

На *четвертому етапі дослідження* було розроблено методику дослідження, відповідно до якої здійснювалися систематичний збір і опрацювання науково-педагогічної інформації. Виконувалося завдання з розроблення концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, висвітлення методологічних підходів до професійної підготовки

майбутніх інженерів, обґрунтовано застосування компетентнісного підходу як базової методологічної засади для розроблення освітніх програм, орієнтованих на результати навчання. Виокремлення основних дефініцій компетентнісного підходу потребувало виконання низки завдань:

- здійснити поняттєво-термінологічний аналіз понять «компетентність», «компетенції», «компетентнісний підхід», «фахові компетентності», «загальні компетентності»;

- здійснити ретроспективний огляд становлення компетентнісного підходу та сучасних тенденцій, пов'язаних з його використанням в педагогічній теорії і практиці;

- окреслити особливості застосування компетентнісного підходу в контексті освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей.

Виконання цього завдання здійснювалося за результатами контент-аналізу матеріалів проектів Tuning та Tuning-AHELO, індуктивних та дедуктивних умовиводів. Для встановлення пріоритетних компетентностей, визначених у рамках проекту Tuning-AHELO для системи інженерної освіти, було використано методи анкетування викладачів інженерних спеціальностей.

Для розкриття сутності проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії професійної підготовки майбутніх інженерів передбачалося:

- виявити та обґрунтувати пріоритетні принципи застосування інноваційних педагогічних технологій у системі професійної підготовки майбутніх інженерів;

- здійснити поняттєво-термінологічний аналіз понять «проект», «проектна діяльність», «метод проектів», «проектно орієнтоване навчання»;

- здійснити ретроспективний огляд проектно орієнтованого навчання в системі вищої освіти загалом та інженерної освіти зокрема;

- виявити та обґрунтувати ключові засади проектно орієнтованого навчання: педагогіко-психологічні, методичні, організаційні;

- виявити роль і місце проблемно орієнтованого навчання як невід'ємної складової проектної діяльності студентів;

– обґрунтувати переваги впровадження проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії системи професійної підготовки майбутніх інженерів.

На цьому ж етапі здійснювалося обґрунтування принципів, організаційно-педагогічних умов та проектування моделі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Окрім того, було обґрунтовано засади формування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, визначено форми, методи, педагогічні технології й методики професійної підготовки, що дозволило розробити систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Завдання розроблення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання потребувало:

– виокремлення й обґрунтування загальнодидактичних та спеціальних принципів професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

– визначення педагогічних умов, ключових для системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

– визначення та обґрунтування методологічних підходів до створення моделі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

– виокремлення та обґрунтування засад, відповідно до яких здійснюється формування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів, та опису структури змісту навчального матеріалу;

– визначення форм, методів й засобів освітньої діяльності;

– визначення критеріїв та рівнів сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів;

– розроблення моделі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

– визначення способів узгодження запропонованої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання та

організаційних підходів до розроблення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів.

При цьому використовувалися методи аналізу, синтезу, узагальнення й систематизації матеріалів.

На *четвертому, п'ятому й шостому етапах дослідження* здійснювалася експериментальна перевірка ефективності запропонованої системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, опрацювання й оформлення отриманих кількісних і якісних даних, аналіз отриманих результатів для перевірки гіпотези дослідження. Експериментальна робота складалася з пошукового, констатувального, формувального і контрольньо-узагальнювального етапів.

На *пошуковому (прогностично-цільовому) етапі* було визначено мету й завдання педагогічного експерименту, розроблено план його реалізації, обрано методи дослідження, визначено принципи відбору контрольних й експериментальних груп. Указаній діяльності передувала пошукова робота, яку було спрямовано на визначення факторів, що впливають на перебіг освітнього процесу в умовах проектно орієнтованого навчання та розбудову на їх основі системи критеріїв. При цьому використовувалися анкетування, опитування, метод експертних оцінок, аналізувалися отримані методом кейсів результати реалізованих раніше пілотних проектів з упровадження студентських проектів.

На цьому етапі педагогічного експерименту ми також звергалися до результатів аналізу поточного стану й умов професійної підготовки майбутніх інженерів у системі української вищої інженерної освіти та ідентифікації напрямів їх удосконалення. Слід зазначити, що інтенсивні зміни системи української вищої освіти, ініційовані прийняттям у 2014 році нової редакції Закону України «Про вищу освіту» та її імплементацією, фактично спричинили необхідність перегляду та доповнення вже опрацьованої інформації. Тому відстеження чинних тенденцій у системі української вищої освіти залишалось актуальною задачею, що реалізовувалася на всіх етапах дослідження.

Зважаючи також на широке коло факторів, що впливають на впровадження проектно орієнтованого навчання і в рамках проектно-дослідницького методу, окремі процедури констатувального типу, наприклад, вивчення методом кейсів стану готовності українських викладачів STEM-дисциплін та студентів інженерних спеціальностей до впровадження проектно орієнтованого навчання та того, як цей підхід ними трактується, повторювалися паралельно з проведенням діагностико-формульовального експерименту.

На *констатувальному і формульовальному етапах* дослідження було сформовано експериментальні та контрольні групи, здійснено ідентифікацію стану сформованості фахових і загальних компетентностей для студентів цих груп, відповідно до визначених критеріїв; реалізовано розроблену систему професійної підготовки майбутніх інженерів в експериментальних групах.

На *контрольно-узагальнювальному етапі* здійснено порівняння отриманих результатів для контрольних та експериментальних груп, проаналізовано отримані результати, розроблено рекомендації для подальшої дослідницької діяльності.

Для оцінювання результатів при цьому використовувалися методи математичної статистики. У випадку нашого дослідження (спрямованого на перевірку чи заперечення певної гіпотези) основними поняттями були «нульова гіпотеза» та «альтернативна гіпотеза». Нульова гіпотеза (H_0) – це гіпотеза про відсутність відмінностей у значеннях ознак. Наприклад, гіпотеза « $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ » означає, що відсутня значуща різниця між середніми μ_1 і μ_2 . Нульова гіпотеза – це те, що дослідник хоче спростувати, якщо метою є доведення значущості відмінностей. Альтернативна гіпотеза є логічним запереченням нульової гіпотези і позначається як H_1 . Гіпотеза « $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ » передбачає існування значущої різниці між середніми μ_1 і μ_2 . Як правило, альтернативна гіпотеза – це те, що планується довести в процесі дослідження. Статистичні висновки приймаються на підставі прийняття однієї гіпотези і відхилення іншої (Руденко, 2012).

Перевірка гіпотези здійснюється з використанням спеціально складеної випадкової величини (критерію), розподіл якої відомий. Прийняте рішення щодо нульової гіпотези визначається значенням статистичного критерію, відповідно до

якого вся множина можливих значень поділяється на дві множини, які не перетинаються. Перша з них – це критична область, в якій гіпотеза відкидається, друга – область припустимих значень, для якої гіпотеза виконується. Під час перевірки гіпотези намагаються обрати таку критичну область, де потужність критерію буде найбільшою (Сисоєва & Кристопчук, 2013).

На сьомому та восьмому етапах дослідження здійснювалася підготовка узагальнювальних матеріалів за результатами експериментальної роботи, а також упровадження отриманих результатів у практику діяльності, що відповідало завданню з розроблення організаційно-методичного забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання з використанням сучасних програмних продуктів і технологій. При цьому здійснювалися розроблення й апробація навчально-методичних документів (робочих навчальних програм, навчально-методичного забезпечення дисциплін (електронних комплексів), навчальних посібників тощо). Завершальний (*дев'ятий*) етап дослідження передбачав освітньо-педагогічне прогнозування перспектив професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

2.2. Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Модернізація освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей з метою виконання стратегічних завдань, пов'язаних із долученням України до європейського освітнього простору, вимагає наскрізного оновлення структурних компонентів системи професійної підготовки майбутніх інженерів і функціональних зв'язків між ними. Професійна підготовка майбутніх інженерів розглядається як комплексний процес, спрямований на формування фахових і загальних компетентностей, включаючи здатність використовувати творчість та інноваційні підходи для проектування та забезпечення роботи об'єктів і процесів,

що відповідають вимогам економіки, соціальної сфери, етики, безпеки, охорони здоров'я та сталого розвитку (рис. 2.2). Особливої ваги набуває розуміння професійної та моральної відповідальності, що нерозривно зв'язане з умінням приймати інженерні рішення, передбачаючи їх можливі наслідки (Barcelona Declaration, 2004; Coral, 2009; Guerra, 2014). Дієва система професійної підготовки майбутніх інженерів має бути гнучкою та адаптивною за своєю природою, мобільною та відкритою, відповідати передовим педагогічним та світоглядним концепціям, зокрема в частині студентоцентрованості освітнього процесу.



Рис. 2.2. Ключові аспекти сучасної інженерної освіти

Студентоцентрований підхід передбачає, що освітні програми, за якими здійснюється підготовка майбутніх фахівців, зосереджуються на результатах навчання, ураховуючи особливості пріоритетів особи, що навчається, надаючи студенту більше порівняно з традиційними підходами, можливості щодо вибору змісту, темпу, способу та місця навчання (Захарченко, та ін., 2014).

Таким чином, завдання розроблення системи професійної підготовки майбутніх інженерів має комплексний характер, що зумовило здійснення наукового пошуку на методологічному та теоретичному рівнях, а також у площині практичної імплементації розроблених підходів.

Результатом такого пошуку є *концепція* професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, яка враховує сучасні вимоги до провадження інженерної діяльності.

Концепція (від. лат. *conceptio* – сприйняття) є складним системним об'єктом, який консолідує ідеї та принципи конкретної галузі науки та сприяє усвідомленню певного явища, дозволяє виявити базові ідеї для його подальшого розроблення й побудови теорії (Шинкарук, 2002). *Педагогічну концепцію*, або концепцію навчання, можна представити як множину узагальнених дидактичних положень або систему поглядів на те чи інше педагогічне явище; сутність, зміст, методики організації освітнього процесу; провідну ідею педагогічної теорії (Гончаренко, 1997).

Структура концепції професійної підготовки включає її обґрунтування, теоретичний блок, що визначає засади і моделі, та прикладний блок, елементами якого є практичні програми та механізми реалізації (Бордонская, 2002).

Дієвість концепції визначається результативністю та ефективністю освітнього процесу, який організовується відповідно до визначених положень. Ефективність професійної підготовки розглядається як системна риса складного об'єкта, що виражає раціональну здатність до задоволення визначених потреб, до яких належать досягнення поставлених цілей діяльності та функціонування відповідно до вимог (Serkowska-Maka, 2004; Сисоєва, 2014).

Загалом, запропонована концепція є кроком до розвитку системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що включає визначення цілей освітньої діяльності, формування змістових компонентів, опрацювання та вибір методів, форм і засобів, що сприяють досягненню поставленої мети та методів моніторингу ефективності запропонованої системи й оцінювання якості професійної підготовки.

Розроблення концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання дозволило вирішити такі завдання:

– розкриття сутності проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії професійної підготовки майбутніх інженерів;

- визначення й теоретичне обґрунтування методологічних засад професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

- розроблення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання;

- розроблення організаційно-методичного забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання з використанням сучасних програм і технологій.

До напрацювань, значущих для формування теоретичних засад концепції, відносимо праці вітчизняних та зарубіжних дослідників, де висвітлено:

- теоретико-методологічні основи філософії освіти (В. Андрущенко (Андрущенко, 2005; Андрущенко, 2006), Б. Гершунський (Гершунский, 1998), І. Зязюн (Зязюн, 2000; Зязюн, 2002; Зязюн, 2008), В. Кремень (Кремень, 2005; Кремень, 2008; Кремень, 2009) та ін.);

- концептуальні й теоретико-методологічні проблеми неперервної професійної освіти (С. Гончаренко (Гончаренко, 2006; Гончаренко, 2008б), Р. Горбатюк (Горбатюк, 2012), Р. Гуревич (Гуревич, 2003; Гуревич & Кадемія, 2005; Гуревич, 2008), Г. Дутка (Дутка, 2006), А. Кузьмінський (Кузьмінський, 2011; Кузьмінський & Омеляненко, 2013), В. Курок (Курок, 2015; Курок, 2017), П. Лузан (Лузан, 2004; Лузан, 2012), Н. Ничкало (Ничкало, 2000; Ничкало, 2001; Ничкало, 2008; Ничкало, 2017), С. Сисоєва (Сисоєва, 2008; Сисоєва, 2014));

- компетентнісний підхід (І. Бех (Бех, 2009), Н. Бібік (Бібік Н.М., 2004; Бібік, Єрмаков, & Овчарук, 2005), Л. Бірюк (Бірюк, 2016), І. Зимня (Зимня, 2003; Зимня, 2006; Зимня, 2012), В. Луговий (Луговий, 2009), О. Овчарук (Овчарук, 2003), О. Пометун (Пометун, 2004), Дж. Равен (Raven, 2001; Raven, 2012), Н. Тарасенкова (Тарасенкова, 2016; Tarasenkova, 2016; Тарасенкова, 2017), Ю. Татур (Татур, 2004), А. Хуторської (Хуторской, 2003) та ін.);

- використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі (В. Биков (Биков & Жук, 2003; Биков, Спирін, & Овчарук, 2010; Биков, 2011), Б. М. Жалдак (Жалдак, 2002), В. Клочко (Клочко, 1998; Клочко &

Бондаренко, 2009), Н. Морзе (Морзе & Дементієвська, 2006; Морзе, Гладун, & Дзюба, 2018), С. Раков (Раков, 2005), С. Семеріков (Семеріков, 2009), О. Співаковський (Співаковський, 2001), та ін.);

– концептуальні основи інженерної освіти (М. Згуровський (Згуровський, 2001), О. Коваленко (Коваленко Е. Э., 2003; Коваленко, Брюханова, & Мельниченко, 2007), М. Лазарєв (Лазарєв, 2003; Лазарєв, Рубан, & Лазарєва, 2009), Е. Лузік (Лузік, 2009; Лузік, Євтух, & Дибкова, 2010; Лузік, 2013), О. Романовський (Романовський, 2001; Романовський, 2003; Романовський, 2010; Романовський, та ін., 2011), І. Сліпухіна (Сліпухіна & Калініченко, 2014), Л. Товажнянський (Товажнянський, Романовський, & Пономарьов, 2002; Товажнянський & Мамалуй, 2009)).

Здійснені дослідження свідчать про сформованість методологічного й теоретичного підґрунтя для впровадження проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії системи професійної підготовки майбутніх інженерів. Поруч із цим поза увагою дослідників залишилися проблема скоординованого формування фахових і загальних компетентностей майбутніх інженерів в умовах інтеграції проектної та інших видів освітньої діяльності студентів упродовж усього циклу освітньої програми. У контексті зазначеної проблеми потребують розкриття питання неостаточного характеру освітніх програм підготовки майбутніх інженерів і необхідності їх перманентних змін; моніторингу освітніх програм із урахуванням як освітніх потреб, так і потреб інженерної практики; визначення програмових результатів навчання для проектної діяльності студентів, що поєднується з іншими видами освітньої діяльності.

Метою концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання є визначення науково-методологічних засад для підвищення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, що розглядається як комбінація фахових і загальних компетентностей. Професійна компетентність майбутніх інженерів трактується як поєднання глибоких фахових знань фундаментальних й інженерних наук, інженерного аналізу і досліджень, інженерного проектування, інженерної практики та здатності до самоспрямованого

навчання, навичок планувати власну діяльність у часі та просторі, навичок комунікації та співпраці. Практичні аспекти використання концепції полягають у розробленні на засадах компетентнісного підходу і впровадженні в систему вищої освіти України освітніх програм професійної підготовки, стрижневою лінією яких є проектно орієнтоване навчання. При цьому механізми імплементації системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання мають ґрунтуватися на поєднанні діяльності викладачів ЗВО та адміністративно-управлінських заходів (Луценко, 2018).

Визначаючи основні напрями наукового пошуку, наголосимо, що професійна підготовка майбутніх інженерів невідривно пов'язана з філософськими засадами сучасної науково-інженерної картини світу та особливостями провадження інженерної діяльності в постіндустріальну епоху. У контексті нашого дослідження особливої ваги набуває встановлення тісних та розгалужених зв'язків між наукою та виробничою сферою та, відповідно, визначення потенціалу міждисциплінарних проектів, що вимагають тісної взаємодії експертів з різних галузей.

Серед психолого-педагогічних засад пропонованої концепції професійної підготовки майбутніх інженерів на засадах проектно орієнтованого навчання слід виділити конструктивізм та когнітивізм. Сучасні ідеї конструктивізму ґрунтуються на працях Д. Дьюї, Д. Брунера, Л. Виготського, С. Рубінштейна, Ж. Піаже, Д. Колба та ін. В умовах упровадження ідей конструктивізму в освітню практику студенти активно залучаються до освітнього процесу, формуючи знання у власній свідомості та продукуючи нове розуміння в когнітивних структурах. На рівні методичних аспектів конструктивістський підхід виражається в організації командної роботи майбутніх фахівців з метою забезпечення соціального виміру освіти; гнучкості освітніх програм та їх спрямованості на результати навчання; студентоцентрованості освітніх програм і підходів; заглибленні освітньої діяльності в контекст реальних інженерних проблем.

Інтегруючи наведене вище, ми виділили **основні положення** концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання:

1. Система професійної підготовки майбутніх інженерів має бути гнучкою та адаптивною, відображати філософські засади формування сучасної науково-інженерної картини світу та перманентну еволюцію взаємозв'язків між наукою, технікою та інженерною діяльністю. Відповідно, система професійної підготовки майбутніх інженерів повинна враховувати мультидисциплінарну природу інженерної діяльності та її розгалужені зв'язки з усіма сферами людської діяльності. Також у ній повинні знаходити відображення ідеї сталого розвитку та «зеленої інженерії», що дозволить забезпечити відповідність української вищої інженерної освіти сучасним суспільним тенденціям.

2. Професійна підготовка майбутнього інженера має бути гуманістично спрямованою й особистісно орієнтованою, здійснюватися на засадах компетентнісного і діяльнісного підходів, забезпечуючи повноцінний розвиток та реалізацію потенціалу студентів інженерних спеціальностей, підвищення їхньої конкурентоспроможності на ринку праці. Вищесказане відповідає засадам сучасної філософії освіти, що вказують на значущість неперервного розвитку професійного досвіду фахівців різних профілів, наголошуючи на формуванні особистості з розвиненим інтелектуальним потенціалом, наділеної свідомим ставленням до світу та власної професійної діяльності, готової до постійного вдосконалення професійних та особистісно значущих якостей на засадах самоспрямованого навчання та освіти впродовж життя.

3. Професійна підготовка майбутніх інженерів є складовою (підсистемою) системи вищої освіти України й має враховувати як чинні парадигми, стандарти та рекомендації, так і передові ідеї науковців та викладачів-практиків.

Вищесказане є актуальним для української системи вищої інженерної освіти, що зберігає переважну спрямованість на традиційну предметно орієнтовану парадигму у сфері організації освітнього процесу та знаннєву парадигму, коли мова йде про наповнення освітніх програм, а також характеризується високим рівнем бюрократизації освітнього процесу та пріоритетом формальних вимог до організації навчання над об'єктивними потребами, що в підсумку шкодить якості підготовки майбутніх фахівців.

Відповідно, при пошуку шляхів модернізації освітніх програм підготовки майбутніх інженерів недостатньо звертати увагу на оновлення лише змістових компонентів чи впровадження окремих інноваційних форм освітньої діяльності, оскільки це не забезпечить повноцінності й системності процесу модернізації освітніх програм. Першочерговим завданням є компетенизація освітнього процесу і скоординоване впровадження інноваційних педагогічних технологій, що дозволить адаптувати систему професійної підготовки майбутніх інженерів до змін і допоможе їй успішно відповідати на виклики, що виникають в економічній, соціальній, науковій сферах тощо.

4. Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання ґрунтується на загальнодидактичних та спеціальних принципах, зокрема орієнтації на професійну інженерну діяльність, системності й послідовності, фундаментальності, професійної спрямованості, професійної мобільності.

5. Базовою складовою пропонованої системи професійної підготовки майбутніх інженерів є проектно орієнтоване навчання. Сутність проектно орієнтованого навчання розкривається за допомогою наведених нижче положень:

- проектна діяльність студентів передбачає вирішення проблем; проблеми слугують вихідною точкою організації навчальної проектної діяльності студентів, її організації та управління нею, що є передумовою інтегрованого впровадження проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання, причому проблемно орієнтоване навчання відповідає за вибір загальної освітньої стратегії, а проектно орієнтоване навчання визначає організаційні аспекти освітніх програм підготовки майбутніх інженерів;

- фахові та загальні компетентності майбутніх інженерів формуються в контексті професійної діяльності, для якої важливими є як практичні аспекти, так й абстрактні уявлення, що сприяє розвитку конвергентно-дивергентного мислення;

- конструктивізм і когнітивізм є теоретичною основою проектно орієнтованого навчання, виражаючись в організації роботи майбутніх інженерів у групах з метою забезпечення соціального виміру освіти; гнучкості освітніх програм

та їх спрямованості на результати навчання; заглиблення навчальної діяльності в контекст реальних інженерних проблем;

- орієнтація проектів на вирішення проблем пов'язана з розвитком у студентів метакогнітивних здатностей, пов'язаних із вирішенням нових завдань у контексті попереднього досвіду;

- проектно орієнтоване навчання як умова професійної підготовки майбутніх інженерів спрямовується на розвиток професійних навичок, які є високотребуваними на ринку праці, а саме: критичне мислення та спроможність аналізувати та вирішувати складні проблеми, опрацьовуючи інформацію з різних джерел; уміння працювати спільно в командах та невеликих групах; універсальні та ефективні навички комунікації.

Різноманіття способів упровадження проектно орієнтованого навчання, особливості національних систем вищої інженерної освіти та перманентна еволюція вимог до підготовки випускників інженерних спеціальностей відкривають перед викладачами широкі можливості для вибору і/чи конструювання таких видів навчальної діяльності, які забезпечать максимально ефективні результати за заданих умов. Відзначимо, що така діяльність викладачів за своєю природою теж є проектуванням, оскільки особливості освітнього середовища в кожному з окремих випадків визначаються об'єктивними умовами: кількістю студентів, рівнем їх підготовки, програмним і матеріально-технічним забезпеченням тощо.

6. Система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання повинна відповідати холистичній природі освітнього процесу, інтегруючи інноваційні педагогічні технології та заглиблюючи їх у реальний освітній процес, забезпечуючи таким чином перенесення теоретичних знань та умінь у сферу професійної діяльності.

Для ефективного функціонування системи професійної підготовки необхідним є забезпечення таких аспектів:

- пізнавальний аспект (утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності студентів; вибір проблемних завдань, що

відповідають контексту освітньої програми і ґрунтуються на поточному досвіді студентів);

– змістовий аспект (переструктурування навчальної інформації в рамках освітніх програм, розбудова розвинутих міждисциплінарних зв'язків, зв'язків між освітніми компонентами й між теорією і практикою, узгодження змістового наповнення навчальних дисциплін та тематики проектної діяльності студентів);

– організаційний аспект (організація навчальної діяльності студентів у групах; забезпечення системного методичного супроводу навчальної діяльності студентів з використанням сучасних навчальних середовищ);

– технологічний аспект (вибір та впровадження сучасного ПЗ широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час вирішення завдань проекту, так і для його організації);

– моніторинговий аспект (оцінювання ефективності чинних освітніх програм загалом та окремих освітніх компонентів, розроблення відповідних критеріїв).

2.3. Методологічні підходи до професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Мультиаспектність педагогічних систем вимагає науково обґрунтованих методологічних підходів до їх дослідження. Методологія трактується як сукупність підходів, способів, методів, прийомів та процедур, що застосовуються у науковому дослідженні (Шинкарук, 2002, с. 374).

Множина методологічних підходів не є постійною величиною, оскільки неперервною є дослідницька діяльність, спрямована на розширення переліку підходів, що традиційно застосовуються в педагогічних дослідженнях, шляхом упровадження нових, розроблених відповідно до сучасних освітніх реалій (Отич, 2010). До основних методологічних підходів у системі педагогічних досліджень належать: системний, особистісно орієнтований, синергетичний, діяльнісний,

компетентнісний і акмеологічний (Лозова, 2012). Розглянемо перераховані вище підходи детальніше.

На думку Р. Горбатюка, системний підхід є одним з найважливіших шляхів підвищення ефективності навчально-виховної роботи та методологічною основою розроблення системи професійної підготовки (Горбатюк, 2012). Засади системного підходу обґрунтовано у працях В. Беспалька (Беспалько, 1977), Р. Горбатюка (Горбатюк, 2012), О. Дубасенюк (Дубасенюк, 2015), В. Кушніра (Кушнір, 2003), І. Малафіїка (Малафіїк, 2004) та ін.

Використання системного підходу слугує представленню структурних та функціональних компонентів системи професійної підготовки майбутніх інженерів та взаємозв'язків між ними, дозволяючи цілеспрямовано формувати професійну спрямованість і на її основі професійно значущі особистісні якості майбутніх фахівців. На думку В. Кушніра, використання системного підходу також спонукає до виходу в простір міжпредметних і надпредметних знань (Кушнір, 2003, с. 32).

У подальшій роботі послуговуємося твердженням, що педагогічна система є складною функціональною структурою, діяльність якої підпорядкована певній меті – виховання, освіта та навчання людей (Кузьміна, 1976).

До функцій системи підготовки фахівців з вищою освітою належать (Кузьмінський, 2005, с. 139):

- засвоєння знань – освітній процес у розмаїтті форм, методів, засобів і освітніх технологій;
- продукування знань – наукові дослідження, упровадження їх у практику; розроблення нових навчальних дисциплін, освітніх програм, науково-методичного супроводу;
- поширення знань – видання навчальних посібників, наукових монографій, статей; участь у наукових, навчально-методичних і культурно-просвітницьких заходах;
- формування в того, хто навчається, уміння й усвідомлення необхідності навчатися впродовж усього життя.

Методологічні питання розроблення педагогічних систем розглядаються в роботах С. Архангельського (Архангельский, 1980), В. Беспалька (Беспалько, 1977), В. Загвязінського (Загвязинский & Атаханов, 2007), І. Коновальчука (Коновальчук, 2011), В. Сластьоніна (Сластенин, 2000) та ін. Вони ґрунтуються на ідеї, що кожен конкретну діяльність, об'єкт, процес можна розглядати як певну систему, що має множину взаємопов'язаних елементів, компонентів, підсистем, визначені функції, цілі, структуру (Ковальчук, 2015).

Загальними ознаками будь-якої системи є (Коновальчук, 2011):

- структурність – наявність взаємних зв'язків між компонентами відповідно до системоутворювального фактора;
- цілісність – властивість системи, що характеризує зв'язок елементів між собою і наявність складної залежності між вхідними та вихідними параметрами;
- ієрархічність – властивість системи, що виражає підпорядкованість компонентів і підсистем системі в цілому;
- зв'язок із зовнішнім середовищем, існування якого означає, що жодна із систем не є самодостатньою, вона має динамічно змінюватися і вдосконалюватися адекватно до змін.

До основних ознак системності відносять також цілісність і цілеспрямованість, структурованість, внутрішній поділ, упорядкування, класифікацію цілого; взаємозв'язок зовнішнього і внутрішнього; інтегрованість окремих елементів і зв'язків (Вітвицька, 2015). Таким чином, складність системи визначається видом зв'язків, що встановлені між елементами, можливостями поділу та ієрархічністю. Рівноправними сторонами освітнього процесу є особистісно орієнтована (внутрішня) та атрибутивна (зовнішня).

У дослідженнях педагогічних систем поширеним є використання структурно-функціонального підходу, за допомогою якого вивчають елементи систем і залежності між ними. Сутність методу полягає у розподіленні складного об'єкта на складові, дослідженні зв'язків між ними та ідентифікації притаманних їм

функцій (Воронкова, Беличенко, Попов, & Резанова, 2006). Елемент є частиною системи, який можна представити без подальшого розбиття.

Структура системи – це відображення сукупності елементів системи та їх взаємних зв'язків. Опис структури (структурна ідентифікація) полягає у визначенні типів елементів без визначення конкретних параметрів (параметричної ідентифікації). Структурний підхід пов'язаний з внутрішнім представленням системи. Системний підхід також передбачає розгляд системи в контексті її функціонування в зовнішньому середовищі (функціональний підхід). Це означає, що при зміні зовнішніх умов система має адаптуватися до змін, змінюючи структуру та зв'язки між елементами.

У дослідженні системний підхід використовується для конструювання системи професійної підготовки майбутніх інженерів шляхом системного пізнання інженерної діяльності в умовах сучасності й складових інженерної освіти. Побудова та реалізація педагогічної системи відбувається згідно з такими принципами (Прошкін, 2015, с. 10):

- принцип системності, що об'єднує принципи ізоморфізму й цілісності об'єкта пізнання;
- принцип елементності, для якого характерне припущення наявності елементів, їх ідентифікації і дослідження;
- принцип структурності, який полягає у тому, що елементи лише тоді утворюють систему, коли перебувають у взаємозв'язку;
- принцип взаємозв'язку й відношень, що передбачає наявність взаємозв'язків між елементами;
- принцип ієрархії, який полягає у тому, що кожна система є автономною підсистемою;
- принцип взаємозв'язку з іншими системами, що допомагає виявити закономірності й закони, які виходять за рамки одного класу систем;
- принцип ідеалізації й абстрагування, що дозволяє виділити елементи системи як об'єкти, які описують з використанням максимальної кількості наявних та значущих властивостей.

Таким чином, система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання описується за допомогою атрибутів надсистеми, до складу якої вона входить, й за допомогою елементів та зв'язків між ними.

У дослідженнях О. Дубасенюк особистісно орієнтована освіта трактується як цілеспрямований, планомірний, безперервний, спеціальним чином організований освітній процес, спрямований на розвиток і саморозвиток учня, становлення його як особистості з урахуванням індивідуальних особливостей, інтересів, здібностей (Дубасенюк, 2012, с. 16). Гуманістична природа особистісно орієнтованого підходу обумовлює ставлення до студентів як до відповідальних суб'єктів освітнього процесу та впливає на визначення цілей освітньої діяльності. Особистісно орієнтований підхід сприяє формуванню в студентів позитивної мотивації до навчання, розкриття їх внутрішнього світу з метою повноцінної професійної та особистісної реалізації. Особистісно орієнтований підхід відіграє також важливу роль у розбудові парадигми студентоцентрованого навчання. Характерною рисою традиційного предметно орієнтованого навчання, що істотно впливає на вибір методик та організацію навчального процесу загалом, є збереження за викладачем повного контролю за процесом навчання. Однак так зване «викладацько орієнтоване навчання» чи радше «орієнтоване викладачем навчання» («*teacher-controlled learning*» або «*teacher-centered approach*») суперечить сучасній парадигмі «студентоцентрованого навчання» («*student centered learning*», «*learner centered approach*» або «*learner focused approach*»).

Парадигма студентоцентрованого навчання була породжена, з одного боку, узагальненням практичного досвіду викладачів різних країн, а з іншого – ґрунтується на ряді теоретичних та методологічних принципів навчання. Студентоцентроване навчання відкриває перед студентами можливість впливати на зміст навчання, обирати індивідуальний темп роботи, способи та місце навчання, вимагаючи при цьому від них здатності бути відповідальним за власне навчання, високого рівня мотивації тощо (Захарченко, та ін., 2014). Дієвість парадигми студентоцентрованого навчання пов'язана із формуванням у студентів, починаючи з першого року навчання, здатності бути відповідальними за власний

освітній процес, розглядаючи його як основний елемент власної конкурентоспроможності на ринку праці. Така відповідальність передбачає не тільки сумлінне виконання завдань, поставлених викладачами, а й володіння широким спектром фахових і загальних компетентностей (ЕНЕА, 2015).

Розбудова парадигми студентоцентрованого навчання також тісно пов'язана з діяльнісним підходом. Стрижневим поняттям діяльнісного підходу є діяльність людини, що розглядається як особлива форма активності, в результаті реалізації якої здійснюється перетворення матеріалу, залученого до діяльності (зовнішні предмети, внутрішня реальність людини), перетворення самої діяльності й перетворення суб'єкта діяльності (Масич, 2016). Автор наголошує, що логіка освітнього процесу має вибудовуватися таким чином, щоб максимально сприяти розвитку і саморозвитку особи, що навчається, формуючи здатність особистості до вибору моделі поведінки.

Детальний аналіз основних аспектів сучасної європейської освітньої парадигми, основою якої є студентоцентроване навчання, здійснено в монографії Ю. Рашкевича (2014). Автор підкреслює, що в основу студентоцентрованого навчання покладено ідею максимального забезпечення для студентів шансів зайняти якнайкраще місце на ринку праці шляхом нарощування їхньої «привабливості» в очах роботодавців. Така ситуація дозволить задовольнити актуальні потреби працедавців в умовах технологічного вибуху кінця ХХ – початку ХХІ століть.

Поняття студентоцентрованого навчання пов'язується з забезпеченням для студентів можливості впливати на власний освітній процес. З іншого боку, для повноцінного використання такої можливості необхідною умовою є формування та розвиток у студентів здатності вчитися і бути сучасно навченим. У сучасній вітчизняній і зарубіжній педагогічній літературі для опису відповідної компетентності використовується термін «самоспрямоване навчання» (*self-directed learning*), що трактується як процес, метод і філософія освіти, за допомогою якої студент отримує знання, докладаючи власних зусиль і розвиваючи здатність до критичного оцінювання власних результатів (Candy, 1991).

Поняття самоспрямованого навчання спочатку пов'язували з освітою дорослих й освітою впродовж життя, однак унаслідок швидкості технологічних змін та глобалізаційних процесів набуває виняткової ваги й для системи університетської освіти (Огієнко, 2008). Для професійної підготовки майбутніх інженерів вибір освітніх технологій, що дозволятимуть розвивати здатність до самоспрямованого навчання, обґрунтовується тим, що студентам, які навчаються зараз, доведеться мати справу з технологіями, процесами та системами, що є ще не винайденими. Таким чином, мова йде про випереджувальний характер освіти. На думку О. Комарової, серед завдань випереджальної освіти є підготовка високоосвічених, креативних особистостей; прищеплення студентам прагнення до постійного оновлення знань; трансформація системи освіти шляхом розвитку та впровадження інноваційних технологій навчання, які дозволяють підвищити рівень адаптації майбутніх фахівців до потреб ринку праці та вимог з боку працедавців (Комарова, 2011). Випереджальна освіта пов'язана з ідеєю освіти для сталого розвитку як такої, що задовольняє потреби сьогодення та не ставить під загрозу життя майбутніх поколінь (Ніколаєв, 2015).

Дослідженню готовності студентів інженерних спеціальностей до самоспрямованого навчання в умовах інноваційних педагогічних технологій присвячено публікації Томаса Літзінгера (Litzinger, Wise, & Lee, 2005) та Родні Стюарта (Stewart, Investigation the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course, 2007), де показано, що впровадження проектно орієнтованого навчання позитивно впливає на формування у майбутніх інженерів навичок самоспрямованого навчання.

Таким чином, упровадження особистісно орієнтованого й діяльнісного підходів зумовлюють комплексний процес розроблення та імплементації нових і вдосконаленням вже наявних методів і засобів, педагогічних та управлінських технологій для досягнення дидактичних цілей професійної підготовки майбутніх фахівців. Освітні інновації приводять до модифікації мети, змісту, методів, форм навчання, способів діяльності та взаємодії викладачів і студентів, адаптації

освітнього процесу до потреб сучасності. При цьому елементом проектування педагогічного процесу стає подія в житті особистості, яка формує цілісний життєвий досвід, для якого отримані знання є частиною. Проектування освітнього процесу відбувається в умовах взаємодії викладача та студента, набуваючи вигляду дослідження, пошуку тощо (Туркот, 2011).

Особливістю інновацій в освітній діяльності є їх дуальний характер, який, з одного боку, вимагає вивчення, узагальнення і поширення передового практичного досвіду, а з іншого – упровадження у практику освітньої діяльності передових досягнень педагогіки і психології (Саух, 2011). Це дозволяє забезпечити гнучкість та адаптивність освітнього процесу, залучити студентів до активної участі в розбудові власної освітньої траєкторії.

Зважаючи на той факт, що система професійної підготовки реалізовується в умовах освітньої реальності, визначимо основні впливи, яких вона неминуче зазнаватиме. Освітня реальність є складним поєднанням динамічних та інтерактивних явищ; вона є відкритою та нелінійною, що зумовлює відчутну епістемологічну складність освітніх явищ. Такі властивості дозволяють визначити освітню реальність з позицій синергетичної системи, що характеризується здатністю утворювати множинність структур, які виникають. Параметри синергетичних структур визначаються властивостями самої системи і характером взаємодії з навколишнім середовищем. Як зазначає С. Гончаренко, «сучасна педагогічна наука все помітніше підштовхує практику від кібернетичних (керованих) до синергетичних (що самоорганізуються) способів освіти людини і формування особистості» (Гончаренко, 2008а).

Використання синергетичного підходу пов'язане із загальнонауковою тенденцією використання синергетики як методології, що поєднує холістичні та системні аспекти. Особливості застосування синергетичного підходу у сфері педагогічних досліджень висвітлюються в працях А. Євтодюк (Євтодюк, 2002), М. Левківського (Левківський & Вознюк, 2003), В. Лутая (Лутай, 2000), О. Пономарьова (Пономарьов, 2008) та ін. У випадку нашого дослідження застосування синергетичного підходу зумовлено неостаточним характером

освітніх програм підготовки майбутніх інженерів та їх потенційною здатністю до еволюції (Кудрявцев & Лебедев, 2002; Ткаченко, 2013). Як зазначає О. Рубанець, нелінійна складність методологічного оновлення є протиположною лінійності інструменталізму, що проявляється у постійному застосуванні повторюваних методологій (Рубанець, 2016).

У нашій роботі використано такі принципи методології синергетичного підходу (Вітвицька, 2015):

- самоорганізації, що передбачає еволюцію системи у напрямі, що залежить від її власної структури та від обміну інформацією;
- самоструктурування, що передбачає визначення морфологічних елементів та їх поєднання у кожен з моментів лише внутрішніми властивостями системи;
- резонансності управління, пов'язаного із впливами на систему;
- багатоваріантності шляхів еволюції системи.

Акмеологічний підхід спрямований на формування ціннісних установок та вмотивовану професійну діяльність майбутніх інженерів. На думку О. Гулай, в рамках акмеологічного підходу сформувалася низка специфічних категорій, основними серед яких є (Гулай, 2016):

- «акме» як орієнтація на життєвий успіх, на розвиток творчого потенціалу особистості та його соціалізацію;
- зрілість як інтегральний показник досягнення «акме» (особиста, соціальна, професійна зрілість тощо);
- акмеологічний аналіз – аналіз процесу й результатів діяльності через призму можливих досягнень;
- акмеологічні технології – це технології забезпечення досягнень кожного майбутнього фахівця в умовах варіативності освітніх програм.

З погляду розроблення системи професійної підготовки майбутніх інженерів акмеологічний підхід пов'язується зі створенням оптимальних умов для досягнення майбутнім фахівцем професійної зрілості.

Компетентнісний (компетентнісно орієнтований) підхід у вищій інженерній освіті пов'язаний зі спрямованістю освітнього процесу на всебічний розвиток й підготовку майбутніх фахівців до успішної професійної діяльності шляхом формування та розвитку широкого спектру компетентностей. За своїми характеристиками компетентнісний підхід глибоко споріднений із діяльнісним та особистісно орієнтованим. Як зазначає В. Огнев'юк, еволюція та зближення когнітивно-культурологічної й особистісно-компетентнісної парадигм призводить до утворення в системі української освіти міжпарадигмального простору, який трактується як найсприятливіший для розвитку та творчості (Огнев'юк, 2006).

У своєму становленні компетентнісний підхід пройшов ряд важливих етапів, перетворившись із розрізненої системи професійних освітніх ідей та моделей на комплексний інструмент організації навчання у середній та вищій школах, визнаний та практично апробований на світовому рівні. Наразі він використовується в найрізноманітніших сферах людської діяльності, серед яких організаційна психологія, підприємництво та людські ресурси та, власне, освіта (Луценко Г. В., 2015б).

«Національний освітній глосарій: вища освіта», опублікований у 2014 році, визначає компетентнісний підхід (competence-based approach) як «підхід до визначення результатів навчання, що базується на їх описі в термінах компетентностей. Компетентнісний підхід є ключовим методологічним інструментом реалізації цілей Болонського процесу та за своєю суттю є студентоцентрованим» (Захарченко, та ін., 2014).

На рівні практичного застосування компетентнісний підхід використовується для узгодження фактичних вимог роботодавців, випускників, викладачів до освітніх програм ЗВО, професійної освіти дорослих та освіти впродовж життя. Компетентності є ключовим поняттям інноваційних освітніх підходів, що застосовуються для представлення академічних та професійних профілів, визначення результатів навчання, покращення якостей освітнього середовища тощо (Edwards, Sánchez-Ruiz, & Sánchez-Diaz, 2009). Освітня переважно

тракують компетентності як індикатори корисності, знань та здатностей, тоді як роботодавці та економісти пов'язують їх з продуктивною професійною діяльністю.

2.4. Компетентнісний підхід у системі інженерної освіти та стратегії розроблення освітніх програм, орієнтованих на результат

Світовий досвід останніх років підтверджує, що розвиток у студентів широкого спектру фахових і загальних компетентностей, підготовка їх до роботи в сучасному світі, де фахівцям одного профілю доводиться співпрацювати із колегами з різних галузей, активізація пізнавального інтересу є неможливою без упровадження в освітній процес інноваційних педагогічних технологій, спрямованих на розвиток професійних та особисто значущих якостей. Підвищення якості навчання у процесі професійної підготовки майбутніх інженерів є однією зі стратегічних цілей, відповідно, заклади вищої освіти мають сприяти діяльності викладачів, спрямованій на постійне вдосконалення власної професійної майстерності (Henard & Roseveare, 2012).

Компетентнісна парадигма, що визначається нами як основа професійної підготовки майбутніх інженерів, дозволяє холістично та несуперечливо впроваджувати зміни для змістової, процесуальної та результативної складових освітніх програм, усуваючи проблемні моменти, визначені вище. Зупинімося детальніше на її процесуальних аспектах, пов'язаних з освітнім процесом.

За визначенням А. Хуторського, «компетентнісно орієнтований підхід – це підхід до організації навчально-виховного процесу спрямований на набуття особистістю певної суми знань і досвіду, що дають змогу їй робити висновки про щось, переконливо висловлювати власні думки, діяти адекватним чином у різних ситуаціях» (Хуторской, 2003, с. 61).

Відзначимо, що попри активне використання понять «*компетентність*» (мн. *компетентності*) і «*компетенція*» (мн. *компетенції*) спостерігається їх термінологічна неоднозначність, властива й іншомовним джерелам, адже в

англомовній літературі також наявне використання двох термінів із різним написанням – «*competence*» (pl. *competences*) та «*competency*» (pl. *competencies*) (Westera, 2001; Le Deist & Winterton, 2005). Огляд сфер використання зазначених термінів приводить до таких варіантів тлумачення (Weinert, 2001):

- перманентні особливі риси та характеристики, що визначають продуктивну діяльність;
- вроджені здатності та навички, необхідні в якості попередньої умови для набуття первинних знань (вивчення мови);
- зумовлені потребами знання та навички, які можуть бути сформовані;
- внутрішні риси особистості, що дозволяють людині ефективно виконувати певні завдання і ролі й діяти в різних ситуаціях;
- здатність досягати поставлених цілей;
- уся сукупність пізнавальних, мотиваційних та соціальних передумов для продуктивної діяльності.

Таким чином, висвітлюючи основні етапи розвитку та становлення компетентнісно орієнтованого підходу, видається доцільним коротко зупинитися на особливостях застосування понять «*компетентність*» і «*компетенція*». Відзначимо, що обидва терміни мають спільне походження від латинського слова *competere* (досягати, добиватися; відповідати чомусь, підходити) і в англійській мові розглядаються як синоніми зі значенням «здатність виконувати щось успішно чи ефективно (The ability to do something successfully or efficiently)» (Soanes & Stevenson, 2003, p. 353).

У контексті сфери виникнення та початкового використання поява та впровадження терміна «*competence*» традиційно пов'язується з дослідженнями у сфері психології, тоді як термін «*competency*» на початкових етапах застосовувався переважно у сфері освіти дорослих і професійного навчання, пов'язуючись з ідеєю результатів навчання, втілених у конкретних навичках (Ford, 2014). У контексті практичного застосування в англомовній традиції термін «*competence*» означав *демонстрацію сукупності якостей*, знань, навичок, досвіду та інших атрибутів, які допомагають працівникам ефективно провадити професійну діяльність;

обізнаність, авторитетність, поінформованість. Термін «*competency*» використовувався в контексті організації процесу навчання для *опису якостей* (знань, навичок, досвіду), які потрібно набути на певному етапі навчання для переходу на наступний. На нашу думку, наведені трактування взаємно доповнюються, оскільки відображають сукупність якостей, необхідних для успішної професійної діяльності чи подальшого навчання.

Серед вітчизняних дослідників термінологічні особливості застосування цих понять вивчалися в працях Н. Бібік, М. Голованя, О. Кучая, Н. Нагорної та ін. Як зазначено в статті Н. Нагорної, певна термінологічна плутанина в україномовних джерелах виникла у результаті неточного перекладу рекомендацій Ради Європи, коли англійський термін «*competency*» було перекладено як співзвучний – «компетенція». Причиною цього є відповідність двох українських еквівалентів: компетенція і компетентність – англomовному поняттю «*competency(e)*» (Нагорна, 2007, с. 266). У Європейській рамці кваліфікацій (European Qualifications Framework) компетентність (*competence*) означає «доведене вміння застосовувати знання, навички та особисті, соціальні й/або методологічні здатності в професійних чи навчальних ситуаціях та в професійному й особистому розвитку», а в контексті Європейської системи кваліфікацій для освіти впродовж життя компетентність розглядається з погляду відповідальності та автономії (ЕС, 2008).

У Великому тлумачному словнику української мови «*компетенція*» визначається як «гарна обізнаність із чим-небудь; коло повноважень певної організації або особи», а «*компетентний*» – який має достатній рівень знань у якій-небудь галузі; кваліфікований, ґрунтується на знанні, з чим-небудь гарно обізнаний, тямущий» (Бусел, 2005).

Певним підсумком тривалих термінологічних дискусій, пов'язаних з пошуком загальноновизнаного поняттєвого апарату компетентнісного підходу, стало прийняття у 2014 р. Закону України «Про вищу освіту», що має велике значення для практичної імплементації на рівні розроблення освітніх програм різних спеціальностей з дотриманням визначених для європейського освітнього простору методик та формату їх опису.

Автори «Національного освітнього глосарію: вища освіта» (Захарченко, та ін., 2014) подають визначення, яке використовується і в Законі України «Про вищу освіту», а саме: «Компетентність – динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти».

Освітня програма за кожною зі спеціальностей обов'язково повинна містити, окрім переліку навчальних дисциплін та логічної послідовності їх вивчення, обсягу програми в кредитах ЄКТС, визначені очікувані результати навчання (компетентності), якими повинен оволодіти здобувач відповідного ступеня вищої освіти. У Законі України «Про вищу освіту» результати навчання трактуються як «знання, уміння, навички, способи мислення, погляди, цінності, інші особисті якості, які можна ідентифікувати, спланувати, оцінити і виміряти та які особа здатна продемонструвати після завершення освітньої програми або окремих освітніх компонентів» (ВР, 2014). Таким чином, компетентнісний підхід діє на виконання вимог Болонського процесу, пов'язаних із розробленням прозорих та порівнянних критеріїв, за допомогою яких можна узгоджувати освітні програми підготовки фахівців різних університетів і країн.

Традиційно перший етап становлення компетентнісного підходу в організаційній психології відносять до 1960–1970 рр. Цей період характеризується високим інтересом до професійних завдань та навичок для їх ефективного виконання. У 1973 р. Девід МакКлелланд, професор психології Гарвардського університету та засновник компанії McBer, опублікував працю «Testing for Competence Rather than Intelligence» («Тестування компетентності, а не інтелекту»), що дала поштовх масштабним дослідженням у сфері термінологічних аспектів поняття, методів розроблення моделей компетентностей і їх застосування в організаційній психології та виробничій сфері. У випадку компетентнісного підходу визначальною є не сума інформації, засвоєної особою в процесі навчання, а її здатність діяти у різних ситуаціях.

У 1979 р. Г. Грант запропонував розглядати компетентнісний підхід як форму навчання, що визначає навчальний план шляхом аналізу перспективної чи поточної ролі в сучасному суспільстві та намагається оцінювати прогрес студентів на основі продемонстрованого виконання деяких або всіх аспектів такої ролі (Edwards, Sánchez-Ruiz, & Sánchez-Diaz, 2009).

Ідеї Д. МакКелланда набули розвитку в масштабній праці Л. М. Спенсера та С. М. Спенсер «Competence at work» («Компетентність на роботі»), яка містить, зокрема, перелік 21 компетентності, що виявилися найпоширенішими для досліджуваних професій, та шкалу їх градування (Спенсер-мл. & Спенсер, 2005). Відповідно до праць Д. МакКелланда при описі компетентностей вдалою аналогією є «айсберг», у якому знання та навички особистості представляються видимою частиною, а основоположні та довговічні особистісні характеристики, самооцінка, мотивації (наприклад, впевненість у собі, ініціативність, емпатія, спрямованість), що утворюють більшу частину айсберга, приховані нижче від «лінії води» (Vazirani, 2010). При цьому зазначається, що роль «надводної» частини, яка пов'язана зі знаннями та вміннями, зменшується в сучасному швидкозмінному світі, тоді як довговічні компетентності мають вищий дієвий вплив на здатність особистості ефективно здійснювати професійну діяльність.

Ідеї Д. МакКелланда були спрямовані на доволі радикальне переосмислення традиційних на той час підходів до оцінювання рівня підготовки особистості до професійної самореалізації. Зокрема, стверджувалося, що успішне навчання у середній школі чи університеті не є підставою для прогнозування подальших професійних успіхів; тести на перевірку розумових та академічних здібностей теж не передбачають професійних досягнень чи інших важливих життєвих результатів (Спенсер-мл. & Спенсер, 2005).

Відповідно, на етапі, що датується 1970–1990 рр., відбувалося активне осмислення поданого вище трактування ідеї компетентності як критерію оцінювання професійної відповідності та професійних перспектив. Так, на противагу Д. МакКелланду, у 1991 році група Дж. Барета та Р. Деліне висловила твердження, що тести пізнавальних здібностей можуть успішно використовуватися

для передбачення якості виконання професійних обов'язків для найрізноманітніших професій та забезпечують високу достовірність прогнозування продуктивності праці. Така дискусія сприяла появі значної кількості досліджень, спрямованих на пошук оптимального балансу між тестами пізнавальних здібностей та компетентнісно орієнтованими тестами (Спенсер-мл. & Спенсер, 2005), зокрема шляхом пошуку узгодженої бази дескрипторів, що дозволять аналізувати індивідуальні патерни мотивацій та компетентностей, взаємодію та взаємний вплив особистостей та їх оточення тощо (Raven, 2001).

Предметом досліджень Д. Равена, праця якого «Компетентність у сучасному суспільстві» з'явилася в 1984 році, було співвідношення між якостями, що формуються освітньою системою, та якостями, які необхідні дорослим людям для повноцінного продуктивного життя (Равен, 2002). Метою багаторічної дослідницької роботи було розроблення сукупності засобів для оцінювання компонентів компетентності, яких було виділено 39 (Равен, 2002, стр. 281-296), та аналіз умов формування компетентності в умовах розвивального середовища. Узагальнюючи власні багаторічні дослідження, Д. Равен визначає проблему успішної професійної реалізації як таку, що зумовлюється дефіцитом не техніко-раціональних знань, а так званих невербальних (*unverbalized*) знань (Raven, 2012). Зазначена теза перегукується з наведеними вище міркуваннями про зростання ролі загальних компетентностей у процесі підготовки студентів. Зупиняючись на питаннях розвитку компетентності у вищій освіті, Равен зазначає, що «...вища та подальша освіта мали б насамперед спрямовуватися на розвиток загальних, мобільних компетентностей високого рівня» (Raven, 2012, p. 22).

Таким чином, можна стверджувати, що другий етап еволюції компетентнісного підходу характеризувався пошуком способів представлення сутності та структури компетентності та, що важливо, аналізу їх зв'язку з освітньою діяльністю. Справді, питання, що рано чи пізно мало б постати перед дослідниками, було таке: якщо ми можемо оцінити компетентність особистості для здійснення певного виду професійної діяльності, то в який спосіб можна

використати таку оцінку для розроблення методик підготовки компетентних фахівців у подальшому.

У 1980–1990 рр. набуває поширення термін «компетентнісно орієнтоване навчання» («*competency-based training/education*»). Як зазначалося в низці досліджень, передумови застосування компетентнісного підходу в освіті були закладені ще в 20-х роках ХХ ст. у процесі розвитку ідей наукової організації у сфері праці й набули практичного втілення в 60-х роках ХХ століття у сфері професійної освіти, освіти дорослих та неформальної освіти (Brown M. , 1994; Hodge, 2007). Активна діяльність навчальних закладів, наявність масштабних державних програм реформування освіти в США у 70-х роках привели до започаткування ступеневої підготовки на основі компетентнісного підходу в таких навчальних закладах, як Коледж Алверно, Державний коледж ім. Томаса Едісона та ін. (Ford, 2014).

У дослідженні М. Брауна приводиться визначення компетентнісно орієнтованого навчання як системи, що «містить результати навчання, які виражаються у термінах компетентностей та відповідають національному стандарту; навчальні плани, що однозначно описують певну компетентність та спосіб, яким учні демонструють оволодіння нею; методи навчання, які не зобов'язують учня обирати навчальний курс за умови наявності необхідних компетентностей; оцінювання, яке учень може пройти, коли він в змозі продемонструвати свою компетентність» (Brown M. , 1994).

Компетентності в освітній діяльності можуть розглядатися з теоретичного, операційного та холістичного поглядів (Edwards et al., 2009). У теоретичному розумінні компетентність визначається як пізнавальна структура, що сприяє певній діяльності. З операційного погляду компетентність охоплює широкий спектр високорівневих навичок та видів діяльності, що демонструє здатність діяти в складних непередбачуваних ситуаціях. Таке операційне представлення охоплює знання, навички, здатності, метапізнання та стратегічне мислення (Westera, 2001). Холістичний погляд відповідає ідеям конструктивізму, розглядаючи три аспекти компетентності: інтелектуальний розвиток, розвиток навичок і розвиток мислення.

На думку В. Лугового, компетентності мають трискладову психологічну будову, що забезпечує здійснення діяльності. Вона складається з потреб, що виступають мотиватором діяльності, здібностей, пов'язаних із психічними механізмами задоволення й розвитком потреб та вмінь, що відповідають за способи реалізації й розвитку здібностей (Луговий, 2009).

Зазначимо, що розвиток компетентнісно орієнтованого навчання наприкінці ХХ – початку ХХІ століть пов'язаний із взаємодією педагогічної спільноти та практично орієнтованих роботодавців і управлінців, адже міжнародні акредитаційні комісії (насамперед, АБЕТ у 1995 році) дійшли спільного висновку, що визначальним елементом освітніх програм є результати навчання, які й подаються в термінах компетентностей. Говорячи про повноцінне залучення української освіти до європейського освітнього простору, зазначимо, що наявні освітні моделі та підходи мають активно досліджуватися, обговорюватися та адаптуватися з урахуванням особливостей та потреб нашої країни.

На нашу думку, слід розмежовувати діяльність, спрямовану на визначення компетентностей, що є загальнолюдськими за своєю суттю та відображають якості, необхідні для щасливого та повноцінного життя в сучасному світі, та діяльність, що має практично орієнтований характер і пов'язана з визначенням компетентностей для професійної сфери. Ключові компетентності (у деяких перекладах, ключові компетенції) мають виступати своєрідними орієнтирами метамасштабу в процесі розроблення сучасних освітніх програм на всіх рівнях освіти, адже вони є поліфункціональними за своєю природою та наділені характеристиками надпредметності та мультидисциплінарності. О. Пометун пропонує ієрархію компетентностей, відповідно до якої найвищий рівень відповідає ключовим компетентностям, а наступні – загальнопредметним компетентностям, що набуваються впродовж циклу навчання, та спеціальнопредметним, що пов'язані з вивченням певного предмета в конкретному циклі навчання (Пометун, 2004).

Рекомендація 2006/962/ЄС Європейського Парламенту та Ради (ЄС) «Про основні компетенції для навчання протягом усього життя» від 18 грудня 2006 року

містила перелік восьми основних компетенцій (ЄС, 2006). Їх формулювання та зміст було істотно оновлено у 2018 р., що відображено в Рекомендації 2018/0008 (NLE) ЄС Європейського Парламенту та Ради (ЄС) (ЄС, 2018). Наразі перелік ключових компетентностей містить такі позиції:

1. Грамотність (Literacy competence).
2. Мовна компетентність (Languages competence).
3. Математична компетентність та компетентність у науках, технологіях та інженерії (Mathematical competence and competence in science, technology and engineering).
4. Цифрова компетентність (Digital competence).
5. Особиста, соціальна та навчальна компетентність (Personal, social and learning competence).
6. Громадянська компетентність (Civic competence).
7. Підприємницька компетентність (Entrepreneurship competence).
8. Компетентність культурної обізнаності та самовираження (Cultural awareness and expression competence).

Очевидно, що формування ключових компетентностей є обов'язковою ціллю всіх освітніх програм підготовки майбутніх фахівців. Проте для кожної професійної сфери має вирішуватися завдання визначення програмових результатів навчання, що відповідатимуть задекларованому змісту ключових компетентностей. Маємо на увазі, що кожна професійна сфера накладає особливі вимоги. Для випадку інженерії вдалим прикладом є відмінність між рівнем цифрової компетентності, що достатній для повсякденного життя, та рівнем, який потрібен для висококваліфікованого інженера.

Підсумовуючи аналіз шляху, який пройшов у своєму становленні компетентнісний підхід, ми дійшли висновку, що його трактування загалом та поняття компетентності як динамічної комбінації професійних і особистісних якостей ґрунтуються на визнанні необхідності переходу від знаннєвої до компетентнісної парадигми, що приймається нами за основу професійної

підготовки майбутніх інженерів, ініціюючи зміни в змістовому наповненні освітніх програм, організації освітнього процесу та визначенні результатів навчання.

Найвідомішим загальноєвропейським аналітичним та дослідницьким проектом початку XXI століття, спрямованим на ідентифікацію компетентностей у контексті різних напрямів професійної діяльності й розроблення механізмів імплементації компетентнісного підходу в практику освітньої діяльності, став проект «Гармонізація освітніх структур у Європі» («Tuning educational structures in Europe, Tuning»). Серед вітчизняних науковців вагомий внесок у поширення ідей проекту належить членам Національної команди експертів, зокрема Ю. Рашкевичу, В. Луговому, Ж. Талановій та ін., а також Національному Еразмус+ офісу.

У матеріалах проекту Tuning висвітлюється методологія розроблення, розвитку, впровадження та оцінювання освітніх програм на всіх освітніх циклах, визначених відповідно до Болонського процесу (TEMPUS, 2008). Фактично Tuning працює як платформа для встановлення орієнтирів для різних предметних сфер, допомагаючи освітнім установам та безпосередньо викладачам формувати описи освітніх програм, ураховуючи, з одного боку, вимоги предметної сфери, а з іншого, використовуючи уніфікований поняттєвий апарат (Edwards et al., 2009).

На даний час на сайті проекту Tuning представлено програмні документи «Reference Points for the Design and Delivery of Degree Programmes» («Точки відліку для проектування та впровадження освітніх програм») для низки предметних сфер, серед яких сестринська справа, освітні науки, гендерні студії, фізика, хімія, європейські студії, математика та ін. Для інших галузей доступні посилання на веб-ресурси груп чи організацій, що співпрацюють з проектом Tuning. У сфері інженерної діяльності як предметні області Tuning виділяються Будівництво (Civil Engineering), Електротехніка та інформаційна інженерія (Electrical and Information Engineering) та Інженерна справа (Engineering).

Основними поняттями, якими оперують у проекті Tuning, є *результати навчання* та *компетентності* (Рашкевич, 2014). Результати навчання мають розроблятися із залученням усіх зацікавлених сторін: викладачів, студентів, роботодавців. Програмові результати навчання описують, що повинен знати,

розуміти та вміти продемонструвати студент після завершення навчання. Результати навчання мають розроблятися для всієї освітньої програми загалом й для окремих дисциплін, проектів тощо. Компетентності розглядаються як динамічне поєднання знань, розуміння, навичок, умінь та здатностей і використовуються для представлення результатів навчання (що відповідає визначенню, поданому в чинному Законі України «Про вищу освіту»).

У проекті Tuning виділяють дві групи компетентностей. Перша з них охоплює *фахові (предметні) компетентності (subject specific competences)*, а друга – *загальні компетентності (generic competences, transferable skills, soft skills)*. Перелік фахових компетентностей залежить від обраного напрямку підготовки. Загальні компетентності мають універсальний характер та є важливими з огляду на подальше професійне та особисте життя випускників (Young & Chapman, 2010).

Розроблення переліку фахових компетентностей та програмових результатів навчання для інженерної освіти було здійснено в рамках проекту Tuning-AHELO, що реалізовувався спільно з Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD). Зазначимо, що фахові компетентності, визначені проектами Tuning та Tuning-AHELO, відповідають рівню загальнопредметних компетентностей відповідно до ієрархії, описаної О. Пометун (Пометун, 2004).

Фахові компетентності визначають специфіку освітньої програми та кваліфікацію випускника. Розроблення структури та наповнення спеціальнопредметних компетентностей майбутніх інженерів, таких як, наприклад, математична, хімічна, екологічна, є предметом активного наукового пошуку, що здійснюється як на рівні міжнародних проектів, так і окремими вітчизняними та світовими дослідниками. Спеціальнопредметні компетентності характеризуються високим ступенем деталізації опису й використовуються для формулювання програмових результатів навчання для окремих предметів. У проекті Tuning розрізняють три типи загальних компетентностей: інструментальні, міжособистісні та системні. Наведемо список, що містить 31 загальну компетентність, що були визначені як найважливіші відповідно до отриманих результатів (Захарченко, Луговий, Рашкевич, & Таланова, 2014) (таблиця 2.1).

Загальні компетентності за проектом ЄС Tuning

	Інструментальні компетентності	Міжособистісні компетентності	Системні компетентності
1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу	Здатність бути критичним і самокритичним	Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях
2	Здатність планувати та управляти часом	Здатність працювати в команді	Здатність розробляти та управляти проектами
3	Знання та розуміння предметної сфери та розуміння професії	Навички міжособистісної взаємодії	Здатність учитися і бути сучасно навченим
4	Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так письмово	Здатність спілкуватися з нефахівцями своєї галузі	Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
5	Здатність спілкуватися другою мовою	Здатність працювати в міжнародному контексті	Здатність працювати самостійно
6	Навички використання ІКТ	Цінування та повага різноманітності та мультикультурності	Здатність проведення досліджень на відповідному рівні
7	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел	Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів)	Дух підприємництва, здатність виявляти ініціативу
8	Здатність приймати обґрунтовані рішення	Прихильність до безпеки	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації
9	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми	Здатність усвідомлювати рівні можливості та гендерні проблеми	Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків
10		Збереження навколишнього середовища	Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт
11		Здатність діяти соціально відповідально та громадянськи свідомо	Здатність мотивувати людей та рухатися до спільної мети

Визначення переліків найважливіших загальних компетентностей відповідно до бачення викладачів ЗВО, студентів та роботодавців різних країн було одним з основних завдань проекту.

До інструментальних компетентностей належать:

- методологічні (здатність діяти, організовуючи час та стратегії навчання, приймати рішення чи вирішувати проблеми);
- когнітивні (здатність розуміти та оперувати ідеями та думками);
- технологічні (навички використання пристроїв, комп'ютерних та інформаційних систем);
- лінгвістичні (здатність спілкуватися усно та письмово, володіння іноземними мовами).

До міжособистісних компетентностей належать індивідуальні соціальні навички, взаємодія та співпраця, а до системних – здатності, уміння та навички, що стосуються систем загалом.

Як зазначалося вище, перелік предметних сфер ініціативи Tuning є надзвичайно широким. Одним з напрямів діяльності є проект Tuning-AHELO (*Assessment of Higher Education Learning Outcomes*), метою якого є формування сукупності програмових результатів навчання для широкого спектру інженерних програм з урахуванням особливостей освітніх рівнів та професійної спрямованості (OECD, 2011). Основою проекту стали програмові результати навчання, визначені ENAEE та ABET.

У проекті Tuning-AHELO пропонується використовувати п'ять категорій програмових результатів навчання (таблиця 2.2) (OECD, 2011):

- Фундаментальні та інженерні науки (Basic and Engineering Science);
- Інженерний аналіз та дослідження (Engineering Analyses and Investigations);
- Інженерне проектування (Engineering Design);
- Інженерна практика (Engineering Practice);
- Загальні навички (Generic Skills).

Подібний підхід до виділення груп фахових компетентностей, що може здійснюватися на різних методологічних засадах: діяльнісного, особистісно орієнтованого, акмеологічного, синергетичного підходів тощо – видається доцільним за безпосереднього розроблення програмових результатів освітніх програм у цілому й освітніх компонентів зокрема.

Tuning-AHELO: список програмових результатів навчання

1.	Фундаментальні та інженерні науки
	<p>1. Здатність демонструвати знання та розуміння наукових та математичних принципів, що відповідають певній інженерній галузі.</p> <p>2. Здатність демонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій, що відповідають певній інженерній галузі.</p> <p>3. Здатність продемонструвати всебічні знання, що відповідають певній інженерній галузі, у тому числі нагальні проблеми.</p>
2.	Інженерний аналіз та дослідження
	<p>4. Здатність застосовувати набуті знання та розуміння для ідентифікації, формулювання та вирішення інженерних проблем з використання відповідних методів.</p> <p>5. Здатність застосовувати знання та розуміння для аналізу інженерних об'єктів, процесів та методів.</p> <p>6. Здатність обирати та застосовувати відповідні аналітичні методи та методи моделювання.</p>
2.	Інженерний аналіз та дослідження
	<p>7. Здатність здійснювати пошук інформації в літературі, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації.</p> <p>8. Здатність проектувати та проводити відповідні експерименти, інтерпретувати дані та робити висновки.</p>
3.	Інженерне проектування
	<p>9. Здатність застосовувати набуті знання та розуміння для розроблення проектів, що відповідатимуть визначеним вимогам та специфікаціям.</p> <p>10. Здатність демонструвати розуміння методології проектування та здатність використовувати її.</p>
4.	Інженерна практика
	<p>11. Здатність обирати та використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи.</p> <p>12. Здатність поєднувати теорію і практику з метою вирішення інженерних проблем.</p> <p>13. Уміння демонструвати розуміння сфери застосування різних технік та методів та обмежень щодо їх застосування.</p> <p>14. Здатність демонструвати розуміння нетехнічних наслідків інженерної діяльності.</p> <p>15. Здатність демонструвати навички роботи в лабораторії та практичні вміння.</p> <p>16. Здатність демонструвати розуміння, пов'язані з охороною здоров'я, безпекою та юридичними нормами, відповідальність за вплив інженерних рішень на суспільство та навколишнє середовище та дотримання професійної етики, відповідальності та норм інженерної практики.</p> <p>17. Здатність демонструвати знання проектного менеджменту і бізнес-практик, таких як оцінювання ризиків та управління змінами, та усвідомлювати їх обмеження.</p>
5.	Загальні навички
	<p>18. Можливість ефективної роботи індивідуально та як члена команди.</p> <p>19. Можливість використання різноманітних методів для ефективного спілкування з інженерною спільнотою та суспільством у цілому.</p> <p>20. Здатність розпізнавати потреби та провадити самостійне навчання впродовж життя.</p> <p>21. Здатність демонструвати розуміння широкого мультидисциплінарного контексту інженерії.</p>

Наприклад, І. Белоновською (2006) виділено 12 складових структури інженерної компетентності: концептуальна, спеціальна, контекстуальна, функціонально-технологічна, адаптивна, аксіологічна, екстремальна, комунікативна, соціальна, особистісна, індивідуальна, інтегрована.

Запропонована В. Ягуповим структура професійної компетентності вміщує (Ягупов & Свистун, 2007):

- загальнолюдські компетентності (загальнокультурна, моральна, політична, соціальна, інформаційна, комунікативна, етична, екологічна, валеологічна);
- загальнонаукові компетентності (методологічна, теоретична, методична, дослідницька);
- технологічну компетентність;
- загальнопрофесійні компетентності (загальнофахова, економічна, технічна, правова);
- функціональні компетентності (стратегічна, менеджерська, управлінська, виконавча);
- особистісні компетентності (мотиваційна, адаптивна, навчальна).

Групою авторів на чолі з О. Коваленко (2007) у структурі професійної компетентності виділено методологічну, проектувальну, комунікативну, творчу, менеджерську та науково-дослідну компетентності. У роботі Ю. Бєлової побудовано узагальнену структуру професійної компетентності інженера машинобудівної галузі, що охоплює (Бєлова, 2014):

- проектувально-конструкторську складову;
- виробничо-технологічну складову;
- організаційно-управлінську складову;
- науково-дослідну складову.

Наведені підходи відповідають світовій практиці. Так, у Нідерландах три провідні технологічні університети (Дельфту, Ейндховена та Твенте) розробили «Criteria for Academic Bachelor's and Master's Curricula» («Критерії для

бакалаврських та магістерських програм»), де виділяються сім груп компетентностей, серед яких (Meijers, Overveld, & Perrenet, 2005):

1. *Компетентний в одній чи декількох наукових дисциплінах.* Випускник ознайомлений з наявними науковими знаннями та має компетентність збільшувати та розвивати власні знання шляхом навчання.

2. *Компетентний у проведенні досліджень.* Випускник здатний отримувати нові наукові знання шляхом досліджень. Дослідження у цьому сенсі визначається як спрямований на досягнення мети та методологічно коректний шлях до отримання нових знань.

3. *Компетентний у проектуванні.* Проектування – це синтетична діяльність, спрямована на створення/використання нових або модифікованих артефактів чи систем відповідно до заздалегідь визначених вимог.

4. *Володіє науковими підходами.* Випускник має системний підхід, який характеризується розвитком та використанням теорій, моделей та узгоджених інтерпретацій, має критичне ставлення та уявлення про природу науки та технологій.

5. *Володіє базовими інтелектуальними навичками.* Випускник університету є компетентним у побудові міркувань, рефлексії та побудові суджень. Такі навички здобуваються в контексті дисциплін і згодом мають застосовуватися взагалі.

6. *Компетентний у співпраці та спілкуванні.* Випускник здатний працювати з іншими та для потреб інших. Це вимагає не лише вміння адекватно взаємодіяти, відчуття відповідальності, лідерських якостей, але також навичок комунікації з колегами та представниками інших сфер. Випускник також може брати участь у наукових чи публічних дебатах.

7. *Ураховує соціальний контекст та вимоги сучасності.* Наука та технології не є ізольованими та завжди відповідають певному соціальному контексту та контексту сучасності. Переконавання та обрані методи мають певні витoki, прийняті рішення мають соціальні наслідки. Випускник завжди має зважати на вказані обставини та інтегрувати таке розуміння у власну професійну діяльність.

На рис. 2.3 схематично представлено розподілення сфер компетентностей (Meijers, Overveld, & Perrenet, 2005). Перша, друга та третя з описаних вище компетентностей стосуються навчальної сфери, четверта, п'ята та шоста – академічного способу мислення та діяльності, сьома – контексту практичної діяльності.



Рис. 2.3. Графічне представлення розподілу сфер компетентностей

Важливим завданням дослідників та педагогів-практиків є деталізація запропонованих компетентностей, зокрема для природничо-математичної складової підготовки майбутніх інженерів. Ґрунтовна математична підготовка є однією з основ інженерної освіти та професійної діяльності інженерів (Луценко Г. В., 2015а; Луценко Г. В., 2015б). Одним з перших досліджень структури математичної компетентності був проект Danish KOM, за результатами виконання якого було сформовано перелік компетентностей з восьми позицій (Niss, 2003):

- мислити математично;
- формулювати та розв'язувати математичні задачі;
- математично моделювати;
- міркувати математично;
- представляти математичні сутності;

- володіти математичними символами та формалізмом;
- розуміти математичний матеріал та бути здатним його висловлювати в усній, письмовій чи візуальній формах;
- використовувати засоби та інструментарій математичної діяльності, у тому числі інформаційні технології.

Кожна із наведених складових має три виміри, які дозволяють встановити їх сформованість (Niss, 2003):

- ступінь покриття (межі, до яких особа засвоює певні аспекти);
- напрям дії (спектр змісту та ситуацій, в яких особа може активувати цю компетентність);
- технічний рівень (міра концептуального та технічного розвитку).

Починаючи з 2003 року, перелік компетентностей, побудований за результатами проекту Danish KOM, з деякими змінами й доповненнями використовується Міжнародною програмою оцінювання освітніх досягнень учнів (PISA), що проводиться під егідою Організації економічної співробітництва та розвитку. Слід зазначити, що запропонована структура математичної компетентності засвідчує зв'язок не з фактичними математичними знаннями, а радше до з узагальненим поняттям «*математична грамотність*», що визначається як здатність особи формулювати, використовувати та інтерпретувати математику в різних контекстах (Чашечникова, Москаленко, & Калюсенко, 2009; PISA, 2015). У додатку А наведено опис структури математичної компетентності майбутніх інженерів, здійснений робочою групою Європейського товариства з інженерної освіти (SEFI) на базі матеріалів проекту Danish KOM і приклад застосування діагностичних тестів з математики, розроблених з дотриманням ідей робочої групи (Lutsenko, 2016; Луценко, 2016).

На нашу думку, вагомою перевагою структури професійної компетентності, що пропонується в проекті Tuning-AHELO та, відповідно, обґрунтовує її застосування у нашому дослідженні, є:

- відповідність переліку фахових компетентностей Tuning-AHELO ідеям та вимогам Болонського процесу;

- відповідність переліку фахових компетентностей вимогам та рекомендаціям світових акредитаційних агентств у сфері інженерної освіти;
- узгодженість переліку загальних компетентностей Tuning та фахових компетентностей Tuning-AHELO;
- орієнтованість запропонованого переліку на практичне застосування під час розроблення освітніх програм, коли запропоновані формулювання доповнюються та розширюються із зазначенням освітніх компонентів, дисциплін, окремих тем, видів діяльності студентів тощо.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що перелік фахових компетентностей проекту Tuning-AHELO належною мірою відповідає нагальним потребам інженерної освіти та сучасним освітнім підходам, а для деталізованого опису загальних компетентностей доцільно звертатися до переліку, що пропонується проектом Tuning.

Аналізуючи відповідну психолого-педагогічну літературу, ми виявили, що кількість критеріїв сформованості професійної компетентності (складових чи сфер компетентності) є варіативною величиною, вибір якої у кожному з випадків здійснюється дослідниками відповідно до мети дослідження та умов, за яких здійснюється експеримент (Лузан, 2004; Горбатюк, 2010; Биков, Спірін, & Овчарук, 2010; Марцева, 2015; Гулай, 2016). Більшість дослідників використовує три–чотири критерії сформованості професійної компетентності, пов'язані з когнітивною сферою, сферою практичної діяльності та мотиваційно-рефлексивною сферою. Для кожного з критеріїв вводяться рівні сформованості, яких традиційно виділяється від трьох до п'яти.

Розробляючи підходи до визначення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, ми інтегрували ідеї вітчизняних дослідників, матеріали провідних університетів й акредитаційних агентств, напрацювання проекту Tuning-AHELO (Meijers, Overveld, & Perrenet, 2005; Ягупов, 2012; Марцева, 2015; Aalborg University, 2015; Бірюк, 2016).

Як буде показано в підрозділі 3.4, розробляючи модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів, ми ввели чотири компоненти професійної

компетентності майбутніх інженерів: когнітивний, діяльнісний, операційно-управлінський і комунікативно-особистісний. Наповнення кожного з компонентів професійної компетентності визначалося з використанням переліків компетентностей проектів Tuning і Tuning-ANELO.

Елементом нашої діяльності було дослідження того, яким компетентностям і, відповідно, програмовим результатам навчання надається особливе значення в процесі підготовки майбутніх інженерів у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих та інформаційних технологій. Нами було проведено опитування викладачів дисциплін циклів математичної, природничо-наукової та професійної підготовки інженерних спеціальностей Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Української інженерно-педагогічної академії, Одеської національної академії зв'язку імені О.С. Попова, Глухівського національного педагогічного університету імені О. Довженка. Усього в опитуванні взяли участь 54 респонденти, що є викладачами низки інженерних спеціальностей, серед яких 113 Прикладна математика (випускникам присвоюється кваліфікація фахівця з інформаційних технологій), 122 Комп'ютерні науки, 123 Комп'ютерна інженерія, 126 Інформаційні системи і технології, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Учасникам опитування електронною поштою було надіслано посилання на google-форму, заповнюючи яку викладачі мали розташувати в порядку пріоритетності загальні та фахові компетентності. Наведені в опитуванні компетентності ми згрупували за категоріями.

Далі ми подаємо їх із зазначенням порядкових номерів у списках Tuning та Tuning-ANELO (таблиці 2.3–2.7). Середнє значення для кожної з компетентностей визначалося з урахуванням кількості позицій у кожній групі компетентностей. Розподілення на групи зумовлювалося оптимізацією процесу порівняння, коли до кожної з груп було внесено компетентності з певної сфери інженерної діяльності.

Відзначимо, що існує низка компетентностей, представлених лише в одному з переліків або недостатньо деталізованих.

Таблиця 2.3

Компетентності у сфері «Інженерний аналіз та дослідження»

Код Tuning	Код Tuning-ANELO	Компетентність	Середнє значення
1	-	Логічне мислення та здатність до абстрагування	3,69
-	1	Володіння методиками розв'язку задач	3,94
11	-	Здатність мислити критично	4,78
-	1	Здатність виконувати математичні розрахунки, що відповідають певній інженерній галузі	5,11
-	10	Володіння методиками моделювання	5,92
-	8	Уміння узагальнювати та формулювати висновки за результатами роботи	6,03
12	-	Здатність адаптуватися до нових ситуацій	6,14
-	11	Здатність використовувати програмне забезпечення для моделювання	6,39
-	6	Уміння оцінювати коректність отриманого розв'язку	6,50
-	6-8	Розуміння допустимих меж наближення/строгості під час вирішення проблем	6,50

Таблиця 2.4

Компетентності у сфері «Інженерна практика» (використання програмного та технічного забезпечення)

Код Tuning	Код Tuning-ANELO	Компетентність	Середнє значення
-	12	Здатність використовувати інженерне ПЗ	2,61
8	11	Здатність використовувати сучасне обладнання	2,80
4	15	Здатність розуміти креслення, специфікації, нормативну документацію	3,14
10	11	Здатність використовувати ПЗ для статистичних розрахунків	3,14
7	8	Здатність використовувати ПЗ підготовки презентаційних матеріалів (тексту бакалаврських та магістерських робіт, публікацій, відеопрезентацій тощо)	3,30

Таким чином, у процесі розроблення програмових результатів для освітньої програми загалом чи на рівні одного з предметів доцільно звертатися до переліків

Tuning та Tuning-AHELO, що дозволить максимально повно описати очікувані результати.

Таблиця 2.5

**Компетентності у сфері «Інженерний аналіз та дослідження»
(робота з інформацією)**

Код Tuning	Код Tuning-AHELO	Компетентність	Середнє значення
10	7	Здатність знаходити інформацію за тематикою дослідження	2,44
8	13	Здатність розробляти та описувати процедуру дослідження, формулювати його мету, завдання, висновки тощо	2,70
6	-	Володіння англійською мовою	3,42
11	7	Здатність бачити очевидні помилки в знайдений інформації (подолання «довіри» до знайдених матеріалів)	3,55
10	7	Навички верифікації інформації, знайденої в Інтернеті	3,77

Як показують результати опитування, українські викладачі високо оцінюють роль логічного мислення для студентів інженерних спеціальностей та їх уміння вирішувати проблеми. Подібні результати відображено й в інших дослідженнях (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014; Passow & Passow, 2017).

Таблиця 2.6

Компетентності у сфері «Загальні навички» (проектна діяльність)

Код Tuning	Код Tuning-AHELO	Компетентність	Середнє значення
18	19	Уміння мотивувати людей та досягати спільних цілей	2,69
16	18	Розуміння принципів розподілу задач між учасниками проекту, взаємної відповідальності	3,00
14	-	Володіння навичками ідентифікації інженерних проблем та шляхів їх вирішення у проектах	3,11
11	19	Уміння вести дискусію, здатність до критики та самокритики	3,69
23	18	Розуміння принципів планування затрат та ресурсів	4,00
19	19	Уміння спілкуватися з експертами з інших галузей знання	4,5

На жаль, уміння спілкуватися з експертами з інших галузей (що є принциповим для міждисциплінарних проєктів) та розуміння зобов'язань щодо збереження навколишнього середовища потрапили в кінець списків, що свідчить про недостатнє усвідомлення значущості загальних компетентностей викладачами дисциплін циклів математичної, природничо-наукової та професійної підготовки. Результати опитування були використані під час розроблення критеріїв сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів у нашому дослідженні (підрозділ 5.2).

Таблиця 2.7

**Компетентності у сфері «Загальні навички»
(розуміння актуальних питань сучасності)**

Код Tuning	Код Tuning-ANELO	Компетентність	Середнє значення
24	16	Розуміння зобов'язань щодо безпеки досліджень	2,36
30	16	Соціальна відповідальність та громадянські зобов'язання	2,66
31	16	Здатність демонструвати принципи розуміння принципу рівних можливостей та гендерних питань	3,28
20	16	Розуміння та повага до різноманітності та мультикультурності	3,33
29	16	Розуміння зобов'язань щодо збереження навколишнього середовища	3,36

Зазначимо, що в проєкті стандарту вищої освіти України для спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, який було опубліковано для громадського обговорення на сайті МОН України у 2016 році, перелік загальних компетентностей містить низку компетентностей, які за результатами нашого опитування є серед пріоритетних (МОНУ, 2016), а саме: здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; навички здійснення безпечної діяльності; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; уміння працювати як індивідуально, так і в команді. На нашу думку,

така відповідність підтверджує існування певних загальних тенденцій, щодо підготовки майбутніх інженерів. Слід зазначити, що, окрім виявлення таких тенденцій, опитування є надзвичайно репрезентативним у сенсі відображення того, на формування яких компетентностей вітчизняні викладачі максимально звертають увагу в освітньому процесі. Такі тенденції, зрештою, впливають на систему оцінювання, яку використовує кожен з викладачів.

Наголосимо ще раз на зростанні важливості загальних компетентностей, формування, розвиток яких є завданням, що має реалізовуватися у всіх циклах освітньої програми та для всіх видів навчальної діяльності студентів. Зважаючи на той факт, що перелік загальних компетентностей містить значну кількість позицій, визначення їх пріоритетності є завданням, що вирішується для кожної з предметних сфер окремо. Уважаємо, що до вирішення цього завданням мають залучатися професійні об'єднання інженерів, акредитаційні агенції, що визначають загальні орієнтири для розвитку інженерної освіти та, власне, ЗВО, які деталізують наповнення компетентностей, визначають результати навчання для освітніх компонентів та способи їх оцінювання. Це дозволить не лише узгодити освітні програми професійної підготовки майбутніх інженерів, що пропонуються різними ЗВО, з формального погляду, а узгоджено підійти до визначення рівнів сформованості тієї чи іншої компетентності й відповідної таксономії програмових результатів навчання.

Розглянемо детальніше міркування щодо представлення фахових і загальних компетентностей, зосередившись на контексті інженерної освіти (Maffioli & Augusti, 2003). Як зазначалося вище, вимоги до інженерної освіти істотно змінилися протягом останніх двадцять років, що виражається також у зміні якісних вимог до випускників інженерних спеціальностей і приводить до диверсифікації профілів підготовки внаслідок урізноманітнення професійних завдань інженерів. При цьому попит на випускників із розвинутими навичками практичної діяльності зростає поряд зі зростанням попиту на інженерів з економічною та управлінською підготовкою. Технологічний розвиток суспільства визначає зміну переліку затребуваних компетентностей загалом, що є особливо значущим для нових

інженерних спеціальностей, становлення яких відбувається на тлі стрімких інноваційних технологічних та наукових змін (McKinsey Global Institute, 2018). Прикладами таких спеціальностей є насамперед комп'ютерні науки (структура та склад яких неперервно змінюються), робототехніка, мехатроніка, мікропроцесорні технології, біоінженерія тощо.

Швидкість технологічних та організаційних змін виражається в зростанні потреби в розвитку освіти впродовж життя та формуванні у випускників умінь самостійно управляти власною підготовкою та вдосконаленням професійних навичок для подальшої гнучкої адаптації до нових вимог. Активне використання ІКТ, функціонування відкритих університетів, платформ дистанційного навчання для постійної й неперервної освіти підтверджують значущість таких вимог. До загальних тенденцій слід також віднести зростання ролі системних і, як правило, міждисциплінарних компетентностей, пов'язаних з інженерним проектуванням, здатністю враховувати екологічні та етичні виміри в професійній діяльності (Maffioli & Augusti, 2003). Зміна організації та функціонування виробничих процесів та служб приводить до зростання потреби в міжособистісних компетентностях, таких як робота в команді, комунікативні навички та лідерство. Сюди ж слід віднести зумовлені глобалізацією потреби в здатності до міжкультурної взаємодії та роботи в рамках міжнародних проектів. Попит на внесок інженерів в економічне зростання та добробут підвищує потреби сформованих підприємницьких навичок випускників поряд з підтримкою наукових та інженерних якостей.

Зазначені вище чинники формують суспільний попит на різноманітні й гнучкі профілі підготовки майбутніх інженерів, що дозволить студентам обирати освітні програми відповідно до їхніх інтересів та особистих уподобань.

На думку Ф. Маффіолі та Д. Аугусті (2003), різноманіття таких потреб ускладнює, якщо не робить неможливим, визначення уніфікованих профільних вимог чи розроблення універсального стандарту для випускників інженерних спеціальностей на європейському рівні. Більше того, непростим завданням є навіть досягнення вимог до майбутніх інженерів, наведених вище. Для того щоб вплинути

на розвиток освітніх програм інженерів та практику навчання і викладання, зміни мають проголошуватися та утверджуватися не лише розрізненими робочими групами викладачів і роботодавців, а стати частиною регуляторних рамок під час розроблення.

Протягом тривалого часу освітні програми підготовки майбутніх інженерів в Україні розроблялися з використанням системно-діяльнісного підходу (Войдила, 2017). За таких умов структура навчальної програми та її наповнення визначалися структурою об'єкта вивчення та структурою діяльності. Як об'єкт вивчення розглядалась певна галузь професійної діяльності, складовими якої є технології, технічне забезпечення, організаційне, інформаційне, методичне та правове забезпечення, наукові основи. До структурних елементів діяльності належать такі її види, як організаційна, проектувальна, дослідницька тощо.

Відповідно до системно-діяльнісного підходу побудова освітніх програм полягала у визначенні об'єкта вивчення, який трактувався як певне нерозкрите ціле. Надалі здійснювалася його деталізація на морфологічному та функціональному рівнях. На кожному з етапів навчання уявлення про визначені елементи професійної діяльності розширювалася та поглиблювалася.

На рис. 2.4 наведено структуру освітньої програми, орієнтованої на знаннєву парадигму («на змістове наповнення» або «на вхід»).



Рис. 2.4. Освітня програма, орієнтована на знаннєву парадигму

Зазначений підхід до розроблення освітніх програм дозволяв забезпечити поетапне формування в студентів професійних умінь у поєднанні з розбудовою міцних зв'язків між знаннями. Однак ситуація докорінно змінилася в сучасних

умовах, коли знання надзвичайно швидко застарівають, а умови професійної діяльності змінюються відповідно до змін у сфері інформаційних та комп'ютерних технологій, соціальних змін тощо. Відповідно, оновлення освітніх програм шляхом заміни окремих дисциплін чи переліку тем, що підлягають вивченню, вже не може відповідати сучасним вимогам.

Основним нормативним документом, на підставі якого відбувалося розроблення освітніх програм до прийняття чинної редакції Закону України «Про вищу освіту» (2014 р.), мав бути галузевий стандарт за певною спеціальністю та його складові: освітньо-кваліфікаційна характеристика (ОКХ) та освітньо-професійна програма (ОПП). Зазначимо, однак, що, наприклад, для спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (шифр та назва спеціальності відповідають чинному «Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» (КМУ, 2015)) галузевого стандарту так і не було розроблено (Чуйко, Дворник, & Поведа, 2016). На жаль, така ситуація є не поодиноким випадком. За відсутності галузевого стандарту розроблення освітніх програм підготовки інженерів здійснювалося з використанням ОКХ, які містили інформацію про види діяльності інженера відповідного профілю, опис вимог до знань та вмінь випускника, опис основних виробничих функцій і типових задач діяльності. На основі ОКХ здійснювалося розроблення ОПП з інформацією про зміст варіативної частини та години, що відводяться на її вивчення. Варіативна частина підготовки інженерів визначалася спеціальністю.

Проте дедалі зростаюча необхідність підготовки спеціалістів, наділених не лише глибокими професійними знаннями, але й широким спектром особистісних та міжособистісних компетентностей, спричиняє необхідність відмови від наявного системно-діяльнісного підходу до розроблення освітніх програм. Альтернативою цьому є компетентнісний підхід.

Розглянемо коротко порядок розроблення сучасного покоління освітніх програм відповідно до чинних Закону України «Про вищу освіту» від 01 липня 2014 року та Закону України «Про освіту» від 05 вересня 2017 року (ВР, 2014; ВР, 2017).

Основним нормативним документом, як вже зазначалося, є Національна рамка кваліфікацій, затверджена Кабінетом Міністрів України в 2011 році. На жаль, фактично до затвердження чинного Закону України «Про вищу освіту» у 2014 році запровадження НРК було суто формальним, адже реальних кроків для перетворення її на дієвий інструмент розроблення освітніх програм та їх узгодження з європейськими програмами підготовки інженерів не було зроблено (Рашкевич, 2014). Основним завданням НРК відповідно до Закону України «Про вищу освіту» є (ВР, 2014):

1. Уведення європейських стандартів та принципів забезпечення якості освіти з урахуванням вимог ринку праці до компетентностей фахівців.
2. Забезпечення гармонізації норм законодавства у сфері освіти та соціально-трудових відносин.
3. Сприяння національному і міжнародному визнанню кваліфікацій, здобутих в Україні.
4. Налагодження ефективної взаємодії сфери освітніх послуг та ринку праці.

НРК містить опис десяти кваліфікаційних рівнів, сформований з використанням найважливіших компетентностей, необхідних для успішного виконання особою тих чи інших професійних завдань та обов'язків (КМУ, 2011). Наведені компетентності є узагальненими, тобто не прив'язані до конкретних галузей професійної діяльності.

Нормативними документами наступного рівня є стандарти вищої освіти та професійні стандарти, на основі яких здійснюється розроблення освітньо-професійних та освітньо-наукових програм (рис. 2.5). Необхідність їх розроблення, очевидно, обґрунтована тим, що НРК містить узагальнений опис освітніх та професійних кваліфікацій.

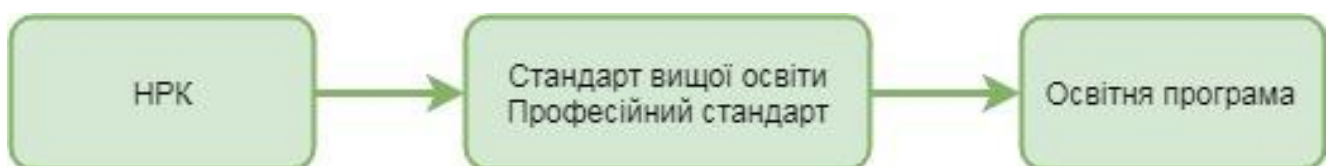


Рис. 2.5. Нормативні документи, на яких ґрунтується розроблення освітніх програм

Стандарт вищої освіти містить сукупність вимог до змісту та результатів освітньої діяльності ЗВО і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності. Зазначені стандарти розробляються Міністерством освіти і науки України з урахуванням пропозицій галузевих державних органів для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності відповідно до НРК з метою подальшого використання для визначення та оцінювання якості змісту та результатів освітньої діяльності ЗВО (ВР, 2014).

Стандарт вищої освіти визначає такі вимоги до освітньої програми:

- обсяг кредитів ЄКТС, необхідний для здобуття відповідного ступеня вищої освіти;
- перелік компетентностей випускника (виділяються інтегральна компетентність, загальні компетентності й спеціальні (фахові, предметні) компетентності);
- нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання;
- форми атестації здобувачів вищої освіти;
- вимоги до наявності системи внутрішнього забезпечення якості вищої освіти;
- вимоги професійних стандартів (у разі їх наявності).

Окремі проекти стандартів вищої освіти на даний час представлено на сайті Міністерства освіти і науки України для ознайомлення та подальшого обговорення (МОНУ, 2017).

Законом України «Про професійно-технічну освіту» визначено, що «професійний стандарт – це затверджені в установленому порядку вимоги до кваліфікації працівників, їх компетентності, що визначаються роботодавцями і слугують основою для формування професійних кваліфікацій» (ВР, 1998).

У Законі України «Про освіту» від 2017 року наведено дещо змінене тлумачення, а саме: «Професійний стандарт – це затверджені в установленому порядку вимоги до компетентностей працівників, що слугують основою для формування професійних кваліфікацій» (ВР, 2017).

У травні 2017 року Кабінетом Міністрів України було прийнято Постанову «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження професійних стандартів», яка вносить загальні вимоги до процедури розроблення, громадського обговорення, затвердження, введення в дію та перегляду професійних стандартів. Професійні стандарти можуть розроблятися роботодавцями, їх організаціями й об'єднаннями, органами державної влади, науковими установами, галузевими радами, громадськими об'єднаннями, іншими зацікавленими суб'єктами. Для української системи інженерної освіти така діяльність фактично розпочалася тільки в 2016 році, коли Україна приєдналася до Європейської мережі з акредитації інженерної освіти (ENAE). Введення професійних стандартів у дію відбувається за поданням Національного агентства кваліфікацій.

Отже, розроблення освітньої програми певної спеціальності на рівні ЗВО має базуватися на матеріалах стандарту вищої освіти та професійного стандарту. Зазначимо, що поняття «*професійна підготовка*» може трактуватися по-різному, залежно від контексту використання. Так, професійна підготовка в широкому сенсі є підготовкою майбутнього фахівця до успішної реалізації в професії за багатьма аспектами, тоді як вузькоспеціалізована професійна підготовка означає підготовку до конкретного робочого місця (Луценко, Гр., 2013).

Відповідно до Закону України «Про вищу освіту» освітня програма підготовки студентів ЗВО має два різновиди:

- освітньо-професійна програма, що розробляється для початкового (короткого), першого (бакалаврського) рівня вищої освіти або для другого (магістерського) рівня практичного профілю;
- освітньо-наукова програма, що розробляється для другого (магістерського) рівня академічного профілю та третього (освітньо-наукового рівня доктора філософії) рівня вищої освіти.

Освітня програма визначає:

- вимоги до рівня освіти осіб, які можуть розпочати навчання за цією програмою;

- перелік навчальних дисциплін і логічну послідовність їх вивчення (структурно-логічна схема);
- кількість кредитів ЄКТС, необхідних для виконання цієї програми;
- очікувані результати навчання (компетентності), якими повинен оволодіти здобувач відповідного ступеня вищої освіти.

Запропонована в Законі України «Про вищу освіту» модель розроблення освітніх програм тісно перегукується з моделлю розроблення, реалізації та впровадження освітніх програм, побудованою в рамках проекту Tuning, що охоплює такі вісім кроків (TEMPUS, 2008):

1. Установлення відповідності освітньої програми ключовим умовам (потреби на рівні регіону, держави, Європи; відповідність академічним потребам; наявність ресурсів для забезпечення успішного надання освітніх послуг).
2. Визначення профілю програми.
3. Опис цілей програми, а також кінцевих результатів навчання (у термінах знань, розуміння, здатностей, навичок та умінь), яких необхідно досягти.
4. Визначення загальних та фахових (предметних) компетентностей, які повинні бути досягнуті в програмі.
5. Розроблення навчального плану: зміст (теми, які повинні бути розглянуті) та структура (модулі й кредити).
6. Розроблення модулів та вибір видів навчальної діяльності (освітніх компонентів), які дозволять досягти визначених результатів навчання.
7. Визначення підходів до викладання та навчання (типи методів, методики та формати), а також методів оцінювання (за потреби, розроблення навчальних матеріалів).
8. Розроблення системи оцінювання, покликаної забезпечити постійне поліпшення якості.

Наведена модель передбачає неостаточність характеру чинних освітніх програм і, відповідно, циклічність процесу їх створення та реалізації, що дозволяє гнучко реагувати на зовнішні та внутрішні чинники, адаптуючи програми до оновлених потреб. На думку авторів проекту Tuning, упровадження циклової

системи навчання викликає необхідність переглянути чинні освітні програми, оскільки в рамках циклового підходу кожен цикл має бути самодостатнім. Перші два цикли повинні надавати не лише академічні права, пов'язані з продовженням навчання на наступному циклі, але надавати доступ і до ринку праці. Цей факт є підтвердженням доречності використання концепції компетентностей як основи для визначення кінцевих результатів навчання (TEMPUS, 2008; Захарченко, Луговий, Рашкевич, & Таланова, 2014). За результатами проекту Tuning, методологія побудови та реалізації освітньої програми передбачає перевірку її актуальності, визначення профілю програми, опис її цілей та результатів навчання, визначення загальних та фахових компетентностей, розроблення навчального плану, модулів та методів їх викладання, визначення підходів до навчання і методів оцінювання, побудову системи оцінювання якості для забезпечення зворотного зв'язку (Рашкевич, 2014).

До основних інструментів, якими оперують розробники програмних документів проекту Tuning, належать так звані Дублінські дескриптори, які було покладено в основу Рамки кваліфікацій для Європейського освітнього простору вищої освіти (The framework of qualifications for the European Higher Education Area – QF for the EHEA). Існує також Європейська рамка кваліфікацій для навчання протягом життя (European Qualifications Framework for Lifelong Learning – EQF-LLL), яку було розроблено іншою незалежною групою експертів. Слід зазначити, що описи для трьох рівнів вищої освіти, запропоновані в згаданих програмних документах, практично збігаються. Відповідно до базових принципів проекту освітні програми мають бути порівнянними, сумісними, прозорими.

Як вже неодноразово зазначалося, розроблення освітніх програм вимагає залучення викладачів усіх циклів навчальних дисциплін. З метою оптимізації процесу розроблення та спрощення роботи всіх зацікавлених сторін з інформацією, обсяг якої доволі значний, й до того ж за умов, коли інформація динамічно змінюється, доцільно використовувати сучасні засоби автоматизації управлінської діяльності ЗВО.

Практичним способом вирішення такої проблеми на етапі проектування автоматизованої інформаційної системи управління для ЗВО є використання об'єктно орієнтованих технологій розроблення інформаційних систем, особливе місце серед яких посідає UML – Unified Modeling Language (Гриценко & Луценко, 2011). Формування навчальних планів є типовим завданням, що доводиться виконувати для забезпечення освітнього процесу. Структура й зміст навчальних планів визначаються чинними нормативними документами, що дозволяє автоматизувати процес розроблення. У додатку Б наведено детальний опис процедури створення моделі автоматизованої системи формування навчального плану засобами UML.

Висновки до розділу 2

З урахуванням специфіки провадження досліджень в умовах освітньої реальності було визначено етапи дослідницького процесу й обрано ключові теоретичні та емпіричні методи дослідження. Для кожного з виділених етапів визначено дослідницькі завдання, деталізовано умови їх виконання й перелік методів, що використовувалися. Сформульовано загальну гіпотезу дослідження, яка передбачає, що формування професійної компетентності майбутніх інженерів буде ефективним, якщо здійснюватиметься на основі теоретично та методично обґрунтованої, розробленої й упровадженої методичної системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Розроблено концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, метою якої є визначення науково-методологічних засад підвищення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, що розглядається як комбінація фахових і загальних компетентностей. Професійна компетентність майбутніх інженерів трактується як поєднання глибоких фахових знань з фундаментальних й інженерних наук, інженерного аналізу і досліджень, інженерного проектування,

інженерної практики та здатності до самоспрямованого навчання, навичок планувати власну діяльність у часі та просторі, навичок комунікації та співпраці.

Встановлено, що методологічною основою професійної підготовки майбутніх інженерів є сукупність загальнонаукових та специфічних підходів, а саме: системного, що в рамках дотримання методологічного принципу всебічності дозволив розглянути професійну підготовку майбутніх інженерів як сукупність структурних і функціональних складників та взаємозв'язків між ними; особистісно орієнтованого, спрямованого на забезпечення професійної підготовки майбутніх інженерів з урахуванням їхніх індивідуальних особливостей і потреб, створення умов для самореалізації та підготовки до самостійного навчання впродовж життя; діяльнісного, скерованого на інтегроване впровадження проектно орієнтованого навчання у практику освітньої діяльності для забезпечення студентоцентрованості освітнього процесу; синергетичного, що дав змогу розглянути професійну підготовку майбутніх інженерів як відкриту та нелінійну педагогічну систему, що є складним поєднанням динамічних та інтерактивних явищ; акмеологічного, зорієнтованого на створення умов для формування ціннісних установок і розвиток мотивації майбутніх інженерів; компетентнісного, що дав змогу ідентифікувати професійну компетентність майбутніх інженерів як динамічне поєднання фахових і загальних знань, умінь, навичок, досвіду і ставлень, формування яких є метою системи професійної підготовки.

Практичні аспекти використання концепції полягають у розробленні на засадах компетентнісного підходу і впровадженні в систему вищої інженерної освіти України освітніх програм професійної підготовки майбутніх інженерів, стрижневою лінією яких є проектно орієнтоване навчання. При цьому механізми імплементації системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання мають ґрунтуватися на поєднанні діяльності викладачів ЗВО та адміністративно-управлінських заходів.

Доведено, що основою професійної підготовки майбутніх інженерів має бути компетентнісна парадигма, в рамках якої здійснюється формування описів освітніх програм у термінах компетентностей та програмових результатів навчання.

Висвітлено можливості застосування розвинутої в рамках проектів Tuning та Tuning-ANELO методології розроблення, розвитку, впровадження та оцінювання освітніх програм підготовки майбутніх інженерів. Професійну компетентність майбутніх інженерів визначено як сукупність фахових і загальних компетентностей, деталізацію яких здійснено з використанням поняттєво-термінологічного апарату підходів Tuning і Tuning-ANELO. У структурі компетентності виділено когнітивний (фундаментальні та інженерні науки, інженерний аналіз та дослідження), діяльнісний (інженерне проектування, інженерна практика), операційно-управлінський і комунікативно-особистісний (загальні навички) компоненти.

Перевагами використання переліку Tuning-ANELO та, відповідно, обґрунтуванням його застосування у контексті дослідження визначено: відповідність переліку фахових компетентностей Tuning-ANELO вимогам та рекомендаціям акредитаційних агентств у сфері підготовки інженерів; узгодженість переліку загальних компетентностей Tuning та фахових компетентностей Tuning-ANELO; орієнтованість запропонованого переліку на практичне застосування в процесі розроблення освітніх програм, коли запропоновані формулювання доповнюються та розширюються із зазначенням освітніх компонентів, дисциплін, видів діяльності тощо.

Положення, викладені в другому розділі, детально розкриті в публікаціях автора (Гриценко&Луценко, 2011; Луценко, 2015а; Луценко, 2015б; Lutsenko, 2016; Луценко, 2016; Луценко, 2018).

Список використаних джерел до розділу 2

- Aalborg University. (2015). Curriculum for Bachelor (BSc) in Electronics and Computer Engineering. Aalborg University.
- Barcelona Declaration. (2004). *Engineering education in Sustainable Development*. Conference Barcelona. Retrieved from <http://eesd15.engineering.ubc.ca/declaration-of-barcelona/>
- Borrego, M., Douglas, E. P., & Amelink, C. T. (2009). Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 98(1), 53-66. doi:10.1002/j.2168-9830.2009.tb01005.x
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, M. (1994). An introduction to the discourse on competency-based training (CBT). In M. Brown (Ed.), *A collection of readings related to competency-based training* (pp. 1-17). Geelong: Deakin University.
- Candy, P. C. (1991). *Self-Direction for Lifelong Learning*. San Francisco, California: Jossey-Bass Higher and Adult Education Series.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. Abingdon: Routledge.
- Coral, J. (2009). *Engineering Education for a Sustainable Future*. (PhD Dissertation). Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. 2nd ed. Verlag: Springer.
- Denzin, N. K. (1989). *The Research Act*. Urbana-Champaign: University of Illinois.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Miguel, P. A. (2015). A Distinctive Analysis of Case Study, Action Research and Design Science Research. *Review of Business Management*, 17(56), 1116-1133. doi:10.7819/rbgn.v17i56.2069

- EC. (2008). *Recommendation on the Establishment of the European Qualifications Framework for Lifelong Learning*. Retrieved from [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008H0506\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008H0506(01)&from=EN)
- Edwards, M., Sánchez-Ruiz, L. M., & Sánchez-Díaz, C. (2009). Achieving Competence-Based Curriculum In Engineering Education In Spain. *97(10)*, 1727-1736. doi:10.1109/JPROC.2009.2026064
- EHEA. (2015). *Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG)*. Київ: ТОВ «ЦС».
- Ford, K. (2014). *Competency-based education: History, opportunities, and challenges*. UMUC Center for Innovation in Learning and Student Success.
- Guerra, A. (2014). *Problem Based Learning and Sustainable Engineering Education: Challenges for 21st Century*. Aalborg: Aalborg University.
- Henard, F., & Roseveare, D. (2012). Fostering quality teaching in higher education: Policies and Practices. In *An IMHE Guide for Higher Education Institutions* (pp. 7-11).
- Hodge, S. (2007). The origins of competency-based training. *Australian Journal of Adult Learning*, *47(2)*, 179-209.
- Le Deist, F. D., & Winterton, J. (2005). What is competence? *Human resource development international*, *8(1)*, 27-46.
- Litzinger, T. A., Wise, J. C., & Lee, S. H. (2005). Self-directed Learning Readiness Among Engineering Undergraduate Students. *Journal of Engineering Education*, *94(2)*, 215-221.
- Lutsenko, G. V. (2016). Case-study of Mathematics Diagnostic Testing of Ukrainian Engineering Students. In N. Tarasenkova, & L. Kyba (Eds.), *Conceptual framework for improving the mathematical training of young people* (pp. 145-152). Budapest: SCASPEE.
- Maffioli, F., & Augusti, G. (2003). Tuning engineering education into the European higher education orchestra. *European Journal of Engineering Education*, *28(3)*, 251-273. doi:10.1080/0304379031000098832

- McKinsey Global Institute. (2018). *Skill Shift: Automation and The Future Of The Workforce*. McKinsey & Company.
- Meijers, A., Overveld, C., & Perrenet, J. (2005). *Criteria for Academic Bachelor's and Master's Curricula*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. In A. Gagatsis, & S. Papastravidis (Ed.), *3rd Mediterranean Conference on Mathematical education* (pp. 115-124). Athens, Greece: Hellenic Mathematical Society and Cyprus Mathematical Society.
- OECD. (2011). *A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected Desired/Learning Outcomes in Engineering*. OECD Education Working Papers, No. 60, OECD Publishing. doi:10.1787/5kghtchn8mbn-en
- Passow, H. J., & Passow, C. H. (2017). What Competencies Should Undergraduate engineering Programs Emphasize? A Systematic Review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 475-526. doi:10.1002/jee.20171
- PISA. (2015). *Draft Mathematics Framework*. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Mathematics%20Framework%20.pdf>
- Raven, J. (2001). The conceptualisation of competence (Chapter 17). In J. Raven, & J. Stephenson (Eds.), *Competence in the Learning Society* (pp. 253-274). New York: Peter Lang.
- Raven, J. (2012). Competence, education, professional development, psychology, and socio-cybernetics. Chapter 16. In G. J. Neimeyer (Ed.), *Continuing Education: Types, Roles, and Societal Impacts*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Serkowska-Maka, J. (2004). *Edukacja zawodowa kluczem do jednoczacej sie Europy*. Torun: Adam Marszalek.
- Shinde, V. (2014). *Design of Course Level Project Based Learning Models for an Indian Engineering Institute: An assessment of students' learning experiences and learning outcomes (PhD Thesis)*. Aalborg: Aalborg University.
- Soanes, C., & Stevenson, A. (Eds.). (2003). *Oxford Bictionary of English* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.

- Stewart, R. (2007). Investigation the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course. *European Journal of Engineering Education*, 32(4), 453-465.
- Tarasenkova, N. (Ed.). (2016). *Conceptual framework for improving the mathematical training of young people : monograph*. Budapest: SCASPEE.
- TEMPUS. (2008). *Вступне слово до проекту Тьюнінг - гармонізація освітніх структур у Європі. Внесок університетів у Болонський процес*. Європейська комісія: Дирекція з освіти і культури. Отримано з http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Ukrainian_version.pdf
- Trochim, W. K. (2006). *Research methods-Knowledge Base-Measurements-Scaling-Likert Scale*. Retrieved from www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php
- Vazirani, N. (2010). Competencies and Competency Model – A Brief overview of its Development and Applications. *SIES Journal of Management*, 7(1), 121-131.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of Competence: a conceptual clarification. In D. S. Rychen, & L. H. Salganik (Eds.), *Defining and Selecting Key Competencies* (pp. 45-65). Seattle, WA: Hogrefe&Huber.
- Westera, W. (2001). Competences in education: a confusion of tongues. *Journal of Curriculum Studies*, 33(1), 75-88.
- Young, J., & Chapman, E. (2010). Generic competency frameworks: A brief historical overview. *Education Research and Perspectives*, 37(1), 1-24.
- Андрущенко, В. П. (2005). Філософія освіти XXI століття: пошук пріоритетів. *Філософія освіти*, 1, 5-17.
- Андрущенко, В. П. (2006). Філософія освіти XXI століття : у пошуках перспективи. *Філософія освіти*, 1(3), 6-12.
- Архангельский, С. И. (1980). *Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы*. Москва: Высшая школа.

- Белоновская, И. Д. (2006). Формирование инженерной компетентности специалиста: предпосылки, тенденции и закономерности. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 1(1), 95-100.
- Беспалько, В. А. (1977). *Основы теории педагогических систем*. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та.
- Бех, І. Д. (2009). Компетентнісний підхід у сучасній освіті. *Вища освіта. Тематичний випуск: Педагогіка вищої школи: методологія, теорія і технології*, 3(1), 21-24.
- Белова, Ю. Ю. (2014). Модель професійної компетентності майбутнього інженера машинобудівної галузі. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія Педагогічні науки*, 2, 13-19.
- Биков, В. Ю. (2011). Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти середовища та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, 9, 9-11.
- Биков, В. Ю., & Жук, Ю. О. (2003). Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища сучасних педагогічних систем. *Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: зб. наук. праць*, 1(5), 64-76.
- Биков, В. Ю., Спірін, О. М., & Овчарук, О. В. (Ред.). (2010). *Основы стандартизації інформаційно-комунікаційних компетентностей в системі освіти України: метод. рекомендації*. Київ: Атіка.
- Бібік Н.М. (2004). Компетентнісний підхід: рефлексивний аналіз застосування. у Н. М. Бібік, Л. С. Ващенко, О. І. Локшина, О. В. Овчарук, Л. І. Паращенко, О. І. Пометун, . . . С. Е. Трубачева, *Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи (Бібліотека з освітньої політики): колективна монографія (за заг. ред. Овчарук О.В.)* (сс. 45-50). Київ: «К.І.С.».
- Бібік, Н. М., Єрмаков, І. Г., & Овчарук, О. В. (2005). *Компетентнісна освіта – від теорії до практики*. Київ: Плеяда.

- Бірюк, Л. Я. (2016). Компетентнісний підхід як методологічне підґрунтя формування професійної компетентності майбутнього викладача. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*, 30, 7-12.
- Бордонская, Л. А. (2002). *Теория и практика отражения взаимосвязи науки и культуры в школьном физическом образовании и в подготовку учителя физики. (Дисс. доктора пед. наук)*. Чита: Забайкальский гос. пед. ун-т им. Н.Г. Чернышевского.
- Бусел, В. Т. (Ред.). (2005). *Великий тлумачний словник сучасної української мови*. Київ: Перун.
- Вітвицька, С. С. (2015). Системно-синергетичний підхід до педагогічної підготовки майбутніх магістрів освіти. у О. А. Дубасенюк (Ред.), *Професійна педагогічна освіта: системні дослідження: монографія* (сс. 92-108). Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І. Франка.
- Власова, М. Г. (2012). Кейс-стади в исследованиях международных отношений: методология и исследовательская практика. *Теория и практика общественного развития*, 11, 255-258.
- Войдила, Я. Б. (2017). *Особенности гуманитарно-світоглядної підготовки інженерних кадрів (україно-польський досвід)*. (Дис. канд. філос. наук). Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова.
- Воронкова, В. Г., Беличенко, А. Г., Попов, О. М., & Резанова, Н. О. (2006). *Управління людськими ресурсами: філософські засади : навчальний посібник для вузів*. Київ: Професіонал.
- ВР. (1998). Закон України «Про професійно-технічну освіту» від 10 лютого 1998 року. Отримано з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80>
- ВР. (2014). Закон України «Про вищу освіту» від 01 липня 2014 року. Отримано з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
- ВР. (2017). Закон України «Про освіту» від 05 вересня 2017 року. Отримано з <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19/page>

- Гершунский, Б. С. (1998). *Философия образования для XXI века: в поисках практико-ориентированных образовательных концепций*. Москва: Совершенство.
- Гончаренко, С. У. (1997). *Український педагогічний словник*. Київ: «Либідь».
- Гончаренко, С. У. (2006). Фундаменталізація професійної освіти. *Професійна освіта: педагогіка і психологія*, 8, 165-173.
- Гончаренко, С. У. (2008а). *Педагогічні дослідження: Методологічні поради молодим науковцям*. Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця».
- Гончаренко, С. У. (2008б). Фундаменталізація професійної освіти як дидактичний принцип. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія*, 2, 87-91.
- Горбатюк, Р. М. (2010). *Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук). Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка.
- Горбатюк, Р. М. (2012). Теоретичні основи моделювання системи професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю. *Збірник наукових праць*, 11, 184-190.
- Гриценко, В. Г., & Луценко, Г. В. (2011). UML-моделювання інформаційно-аналітичної системи «Навчальний план». *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2(22). Отримано з <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/>
- Гулай, О. І. (2016). *Теоретико-методичні основи професійної підготовки майбутніх фахівців будівельного профілю в умовах неперервної освіти*. (Дис. доктора пед. наук). Хмельницький: Хмельницька гуманітарно-педагогічна академія.
- Гуревич, Р. С. (2003). Формування інформаційної культури майбутнього фахівця як невід'ємна складова сучасної професійної освіти. у І. А. Зязюн, & Н. Г. Ничкало (Ред.), *Педагогіка і психологія професійної освіти: результати досліджень і перспективи: Збірник наукових праць* (сс. 354-360). Київ.

- Гуревич, Р. С. (2008). *Теорія і практика навчання в професійно-технічних закладах: монографія*. Вінниця: ДОВ «Вінниця».
- Гуревич, Р. С., & Кадемія, М. Ю. (2005). *Інформаційно-комунікаційні технології в навчальному процесі та наукових дослідженнях: навч. посібник для студ. пед. ВНЗ і слухачів ін-тів післядипл. пед. освіти*. Вінниця: ООО «Планер».
- Дубасенюк, О. А. (2012). *Професійна педагогічна освіта: особистісно орієнтований підхід: монографія*. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка.
- Дубасенюк, О. А. (2015). Розвиток системних досліджень у науковому знанні: історія, досвід, перспективи. у В. Г. Кремень, М. Ф. Дмитриченко, & Н. Г. Ничкало (Ред.), *Концептуальні засади професійного розвитку особистості в умовах євро інтеграційних процесів: зб. наук. статей* (сс. 42-50). Київ: НТУ.
- Дутка, Г. Я. (2006). *Особливості фундаменталізації професійної освіти: методичні рекомендації*. Львів: Сполом.
- Євтодюк, А. В. (2002). *Синергетичні засади моделювання освітніх систем. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. філософ. наук)*. Київ: Інститут вищої освіти АПН України.
- ЄС. (2006). *Рекомендація 2006/962/ЄС Європейського Парламенту та Ради (ЄС) «Про основні компетенції для навчання протягом усього життя» від 18 грудня 2006 року*. Отримано з http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_975
- ЄС. (2018). *Рекомендація 2018/0008 (NLE) Європейського Парламенту та Ради (ЄС) «Про ключові компетентності для навчання протягом усього життя» від 17 січня 2018 року*. Отримано з <https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/recommendation-key-competences-lifelong-learning.pdf>
- Жалдак, М. І. (2002). Педагогічний потенціал інформатизації навчального процесу. у *Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992-2003: зб. наук. пр. до 10-річчя АПН України. Ч. 1.* (сс. 371-383). Харків: ОВС.
- Загвязинский, В. И., & Атаханов, В. И. (2007). *Методология и методы психолого-педагогического исследования: учебное пособие*. Москва: Издательский центр «Академия».

- Захарченко, В. М., Калашнікова, С. А., Луговий, В. І., Ставицька, А. В., Рашкевич, Ю. М., & Таланова, Ж. В. (2014). *Національний освітній глосарій: Вища освіта* (2-ге вид., перероб. і доп. вид.). (В. Г. Кремінь, Ред.) Київ: ТОВ «Видавничий дім «Плеяди».
- Захарченко, В. М., Луговий, В. І., Рашкевич, Ю. М., & Таланова, Ж. В. (2014). *Розроблення освітніх програм. Методичні рекомендації*. (В. Г. Кремінь, Ред.) Київ: ДП НВЦ «Пріоритети».
- Згуровський, М. (2001). Інженерна освіта в Україні: стан і перспективи: Бесіда з ректором Нац. техн. ун-ту України «КПІ» Михайлом Згуровським. *Вища школа*, 6, 3-23.
- Зимняя, И. А. (2003). Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования. *Высшее образование*, 5, 34-42.
- Зимняя, И. А. (2006). Компетентностный подход. Каково его место в системе современных подходов к проблемам образования? (теоретико-методологический подход). *Высшее образование сегодня*, 8, 21-26.
- Зимняя, И. А. (2012). Компетенция и компетентность в контексте компетентностного подхода в образовании. *Иностранные языки в школе*, 6, 2-10.
- Зязюн, І. А. (2000). Інтелектуальний творчий розвиток особистості в умовах неперервної освіти. У І. А. Зязюн (Ред.), *Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи. Монографія* (сс. 11-57). Київ: Вид-во «Віпол».
- Зязюн, І. А. (2002). Гуманізм освіти ХХІ століття: філософський і психологічний аспект. *Теорія і практика управління соціальними системами*, 2, 24-35.
- Зязюн, І. А. (2008). *Філософія педагогічної дії: монографія*. Черкаси: Вид. відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Клочко, В. І. (1998). *Нові інформаційні технології навчання математики в технічній вищій школі. (Дис. доктора пед. наук)*. Вінниця: Вінницький держ. технічний ун-т.

- Клочко, В. І., & Бондаренко, З. В. (2009). Інформаційно-комунікаційні технології як засіб формування дослідницьких умінь студентів технічних університетів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 1, 102-106.
- КМУ. (2011). Постанова Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 року №1341 «Про затвердження Національної рамки кваліфікацій». Отримано з <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>
- КМУ. (2015). Постанова Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 року № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти». Отримано з <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/266-2016-%D0%BF>
- Коваленко, Е. Э. (2003). *Методика професійного навчання*. Харків: Штрих.
- Коваленко, О. Е., Брюханова, Н. О., & Мельниченко, О. О. (2007). *Теоретичні засади професійної педагогічної підготовки майбутніх інженерів-педагогів в контексті приєднання України до Болонського процесу: монографія*. Харків: УПА.
- Ковальчук, В. А. (2015). Системний підхід у дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів до роботи в умовах варіативності освітньо-виховних систем. У О. А. Дубасенюк (Ред.), *Професійно педагогічна освіта: системні дослідження: монографія* (сс. 279-296). Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І. Франка.
- Комарова, О. А. (2011). Особливості формування випереджального рівня освітнього потенціалу суспільства. *Економічний часопис-XXI*, 9-10, 57-60.
- Коновальчук, І. І. (2011). Сутність та властивості інноваційної педагогічної системи. *Нові технології навчання. Наук.-метод. зб. Інститут інноваційних технологій і змісту*, 6(1), 89-93.
- Кремень, В. Г. (2005). *Освіта і наука в Україні - інноваційні аспекти. Стратегія. Реалізація. Результати*. Київ: Грамота.
- Кремень, В. Г. (2008). Трансформації особистості в освітньому просторі сучасної цивілізації. *Педагогіка і психологія*, 2(59), 5-14.

- Кремень, В. Г. (2009). *Філософія людиноцентризму в стратегіях освітнього простору*. Київ: Педагогічна думка.
- Кудрявцев, И. К., & Лебедев, С. А. (2002). Синергетика как парадигма нелинейности. *Вопросы философии*, 12, 55-63.
- Кузьмина, Н. В. (1976). Педагогическая теория и научный факт. В Н. В. Кузьмина, & И. А. Юрклин, *Проблемы обучения и воспитания студентов в вузе* (стр. 3-9). Ленинград: Издательство Ленинградского университета.
- Кузьмінський, А. І. (2005). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* Київ: Знання.
- Кузьмінський, А. І. (2011). *Моделювання професійної діяльності майбутнього фахівця в умовах інтеграції України в європейський освітній простір: навчальний посібник*. Черкаси: Вид-во ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Кузьмінський, А. І., & Омелянко, С. В. (2013). *Становлення професіоналізму педагога вищої школи (в бесідах і роздумах)*. Черкаси: Вид-во ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Курок, В. П. (2015). Міждисциплінарна інтеграція знань у педагогічних системах. *Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ*, 1, 82-89.
- Курок, В. П. (2017). Реалізація інтеграційного підходу до розроблення навчальних дисциплін у ВНЗ. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 2, 67-74.
- Кушнір, В. А. (2003). *Теоретико-методологічні основи системного аналізу педагогічного процесу вищої школи. (Дис. доктора пед. наук)*. Київ: Інститут педагогіки і психології професійної освіти АПН України.
- Лазарев, М. І. (2003). *Полісистемне моделювання змісту технологій навчання загальноінженерних дисциплін: монографія*. Харків: Вид-во НФаУ.
- Лазарев, М. І., Рубан, Н. П., & Лазарева, Т. А. (2009). *Теоретичні та методичні засади креативного навчання студентів технічних дисциплін: монографія*. Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар».

- Левківський, М. В., & Вознюк, О. В. (2003). Проблеми освіти у понятійній площині синергетики. *Вісник Житомирського державного університету ім. І. Франка*, 11, 51-55.
- Листопад, О. В. (2010). Теорія і практика освітніх інновацій в контексті проектно-дослідницького підходу. *Порівняльно-педагогічні студії*, 1-2, 1-7.
- Лозова, В. І. (2012). *Наукові підходи до педагогічних досліджень: колективна монографія / за заг. ред. В. І. Лозової*. Харків: Апостроф.
- Луговий, В. І. (2009). Європейська концепція компетентнісного підходу у вищій школі та проблеми її реалізації в Україні. *Педагогіка і психологія*, 2, 13-25.
- Лузан, П. Г. (2004). *Теоретичні і методичні основи формування навчально-пізнавальної активності студентів у вищих аграрних закладах освіти*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук). Київ: Інститут педагогіки АПН України.
- Лузан, П. Г. (2012). Реалізація компетентнісного підходу в професійній освіті: технологічний аспект. у *Науковий вісник інституту професійно-технічної освіти НАПН України. Професійна педагогіка: зб. наук. пр.* (сс. 5-12). Київ: Видавництво ІПТО НАПН України.
- Лузік, Е. В. (2009). Три іпостасі вищої технічної освіти в інформатизації майбутнього суспільства. *Вісник НАУ. Серія: Педагогіка. Психологія*, 1, 4-8.
- Лузік, Е. В. (2013). Інтегральний професійний простір як основа формування фахової компетентності студентів у технічних університетах. *Звітна наукова конференція «Наука і вища освіта», 7 березня 2013 р.* . Київ: Інститут вищої освіти НАПН України.
- Лузік, Е. В., Євтух, М. Б., & Дибкова, Л. М. (2010). *Інноваційні методи оцінювання навчальних досягнень*. Київ: КНЕУ.
- Лутай, В. С. (2000). Синергетична парадигма як філософсько-методологічна основа формування світоглядів ХХІ століття. *Філософія освіти ХХІ століття : проблеми і перспективи. Методологічний семінар : зб. наук. пр. / за ред. В. П. Андрущенко*, 3, 99-103.

- Луценко, Гр. В. (2013). *Фундаменталізація фізичної освіти у вищій школі*. Черкаси: Видавничий відділ ЧНУ.
- Луценко, Г. В. (2015а). Дослідження структури математичної компетентності майбутніх інженерів. *Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Проблеми математичної освіти» (ПМО – 2015)* (сс. 129-130). Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Луценко, Г. В. (2015б). Компетентнісний підхід у контексті математичної підготовки майбутніх інженерів. *Вісник Черкаського університету*, 20(353), 112-120.
- Луценко, Г. В. (2016). Використання діагностичних тестів з математики при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи* (сс. 108-110). Харків: Видавництво «Ранок».
- Луценко, Г. В. (2018). Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*, 15. Отримано з https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_8e3bb72673a
- Малафіїк, І. В. (2004). *Системний підхід у теорії і практиці навчання: моногр.* Рівне: РДГУ.
- Марцева, Л. А. (2015). *Теоретичні та методичні основи професійної підготовки молодших спеціалістів радіотехнічного профілю. (Дис. доктора пед. наук)*. Львів: Львівський науково-практичний центр інституту професійно-технічної освіти НАН України.
- Масич, В. В. (2016). Методологічні засади формування продуктивно-творчої компетентності майбутніх інженерів-педагогів. *Педагогіка та психологія*, 54, 24-33.
- МОНУ. (2016). *Проект стандарту вищої освіти бакалавра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*. Отримано з <http://aknt.knu.edu.ua/img/editor/1/151-avtomatizacziya-ta-komp%E2%80%99yuterno-integrovani-texnologiyi-bakalavr.pdf>

- МОНУ. (2017). *Проекти стандартів вищої освіти*. Отримано з <http://mon.gov.ua/activity/education/reforma-osviti/naukovo-metodichna-rada-ministerstva/proekti-standartiv-vishhoyi-osviti.html>
- Морзе, Н. В., & Дементієвська, Н. П. (2006). Комп'ютерні технології для розвитку учнів та вчителів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 1(1). Отримано з <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/293>
- Морзе, Н. В., Гладун, М. А., & Дзюба, С. М. (2018). Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 65(3), 37-52.
- Нагорна, Н. В. (2007). Формування у студентів понять компетентності й компетенції. *Виховання і культура*, 1-2, 266-268.
- Ничкало, Н. Г. (2000). *Неперервна професійна освіта як світова тенденція. Професійна освіта в зарубіжних країнах: порівняльний аналіз*. Черкаси: ВИБІР.
- Ничкало, Н. Г. (2001). Неперервна професійна освіта як філософська та педагогічна категорія. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, 1, 13-15.
- Ничкало, Н. Г. (2008). Розвиток професійної освіти і навчання в контексті європейської інтеграції. *Вісник АПН України : Педагогіка і психологія*, 1(58), 57-69.
- Ничкало, Н. Г. (2017). Неперервна професійна освіта у контексті теорії людського капіталу. у *Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України)* (сс. 246-259). Київ: Видавничий дім «САМ».
- Ніколаєв, К. Д. (2015). Випереджаюча освіта для сталого розвитку як інноваційна форма організації освітнього простору перепідготовки вчителів. *Педагогічні науки*, 126, 116-124.
- Овчарук, О. В. (2003). Компетентності як ключ до оновлення змісту освіти. у *Стратегія реформування освіти в Україні: рекомендації з освітньої політики (за заг. ред. В. Андрущенко)* (сс. 13-42). Київ: «К.І.С».

- Огієнко, О. І. (2008). Педагогіка дорослих чи андрогогіка? Скандинавський контекст. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка*, 42, 46-50.
- Огнев'юк, В. О. (2006). Освіта міжпарадигмального періоду. *Нова парадигма: журнал наукових праць*, 50, 36-48.
- Отич, О. М. (2010). Методологічні принципи наукового дослідження. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки.*, 76, 41-43.
- Полухина, Е. В. (2013). Case-study как исследовательская стратегия. *Проблемы и перспективы использования метода case-study: междисциплинарный опыт* (стр. 5-21). Санкт-Петербург: НИУ ВШЭ.
- Пометун, О. І. (2004). Теорія та практика послідовної реалізації компетентнісного підходу в досвіді зарубіжних країн. у Н. М. Бібік, Л. С. Ващенко, О. І. Локшина, О. В. Овчарук, Л. І. Паращенко, О. І. Пометун, . . . С. Е. Трубачева, & О. В. Овчарук (Ред.), *Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи (Бібліотека з освітньої політики): колективна монографія (за заг. ред. Овчарук О.В.)* (сс. 15-24). Київ: «К.І.С.».
- Пономарьов, О. С. (2008). Філософія освіти, синергетика і нова освітня парадигма. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*, 9, 102-106.
- Прошкін, В. В. (2015). Педагогічна система як предмет наукового дослідження. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, 4(45), 7-12.
- Равен, Д. (2002). *Компетентность в современном обществе*. Москва: Когито-Центр.
- Раков, С. А. (2005). *Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ: монографія*. Харків: Факт.
- Рашкевич, Ю. М. (2014). *Болонський процес та нова парадигма вищої освіти: монографія*. Львів: В-цтво Львівської політехніки.
- Романовський, О. Г. (2001). *Теоретичні і методичні основи підготовки інженера у вищому навчальному закладі до майбутньої управлінської діяльності*.

(Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук). Київ: Інститут педагогіки і психології професійної освіти АПН України.

- Романовський, О. Г. (2003). Сучасна філософія освіти як методологічна основа управлінської підготовки гуманітарно–технічної еліти. *Наукові праці Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили. Серія: Педагогічні науки.*, 28(15), 13-18.
- Романовський, О. Г. (2010). Педагогічні інновації у формуванні національної гуманітарно-технічної еліти. *Теорія і практика управління соціальними системами*, 4, 3-10.
- Романовський, О. Г., Пономарьов, О. С., Ігнатюк, О. А., Резнік, С. М., Підбуцька, Н. В., Гура, Т. В., . . . Воробйова, Є. В. (2011). *Формування психологічної готовності майбутніх фахівців до професійної діяльності.* (О. Г. Романовський, & О. С. Пономарьов, Ред.) Харків: НТУ «ХПІ».
- Рубанець, О. (2016). Когнітивний аспект методологічного оновлення вищої школи. *Вища освіта України*, 3, 24-29.
- Руденко, В. М. (2012). *Математична статистика. Навчальний посібник.* Київ: Центр учбової літератури.
- Саух, П. Ю. (Ред.). (2011). *Інновації у вищій освіті: проблеми, досвід, перспективи : монографія.* Житомир: Видавництво ЖДУ ім. Івана Франка.
- Семеріков, С. О. (2009). *Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: монографія.* Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова.
- Сидоренко, В. К., & Дмитренко, П. В. (2000). *Основи наукових досліджень.* Київ: РННЦ «ДІНІТ».
- Сисоєва, С. О. (2008). *Освіта і особистість в умовах постіндустріального світу : монографія.* Хмельницький: ХГПА.
- Сисоєва, С. О. (2014). Європейські вимоги до критеріїв ефективності професійної підготовки фахівців. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Акмеологія – наука XXI століття»*, (сс. 36-47). Київ.
- Сисоєва, С. О., & Кристопчук, Т. Є. (2013). *Методологія науково-педагогічних досліджень.* Рівне: Волинські обереги.

- Сластенин, В. А. (2000). *Педагогический процесс как система*. Москва: МАГИСТР-ПРЕСС.
- Сліпухіна, І. А., & Калініченко, О. В. (2014). Особистісно орієнтована освіта: практика проблемного навчання студентів технічного університету. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки., 1*, 220-225.
- Спенсер-мл., Л. М., & Спенсер, С. М. (2005). *Компетенции на работе*. Москва: НІРРО.
- Співаковський, О. В. (2001). Про вплив інформаційних технологій на технології освіти. *Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання, 4*, 3-11.
- Тарасенкова, Н. А. (2016). Компетентнісний підхід у навчанні математики: теоретичний аспект. *Математика в рідній школі, 11(179)*, 26-30.
- Тарасенкова, Н. А. (2017). Компетенізація математичної освіти: сутність та етапи реалізації. *Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Проблеми математичної освіти» (ПМО – 2017), м. Черкаси, 26–28 жовтня 2017 р.* (сс. 16-17). Черкаси: ФОП Гордиенко.
- Татур, Ю. Г. (2004). Компетентностный подход к описанию результатов и проектирование стандартов высшего профессионального образования. *Материалы ко второму заседанию методологического семинара «Россия в Болонском процессе: проблемы, задачи, перспективы»* (стр. 16). Москва: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов.
- Тверезовська, Н. Т., & Сидоренко, В. К. (2013). *Методологія педагогічного дослідження*. Київ: «Центр учбової літератури».
- Ткаченко, Л. І. (2013). Синергетичний підхід у педагогіці: нова парадигма. *Освіта та розвиток обдарованої особистості, 10*, 18-21.
- Товажнянський, Л. Л., & Мамалуй, А. О. (2009). Гуманізація - стратегічний напрямок розвитку інженерної освіти ХХІ сторіччя. у Л. Л. Товажнянський, & О. Г. Романовський (Ред.), *Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: зб. наук. праць* (Томи 23-24, сс. 3-12). Харків: НТУ «ХП».

- Товажнянський, Л. Л., Романовський, О. Г., & Пономарьов, О. С. (2002). *Формування і реалізації концепції підготовки національної гуманітарно-технічної еліти в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут»: Навч. посібник*. Харків: НТУ «ХПІ».
- Туркот, Т. І. (2011). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* Київ: Кондор.
- Хуторской, А. В. (2003). Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования. *Народное образование*, 2, 58-64.
- Чашечникова, О. С., Москаленко, І. М., & Калюсенко, Л. О. (2009). Математична грамотність як одна із складових інтелектуальної компетентності учнів. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 2, 209-216.
- Чуйко, Г. П., Дворник, О. В., & Поведа, Р. А. (2016). Інтеграція програми підготовки бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» у європейський простір вищої освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна.*, 22, 56-60.
- Шинкарук, В. І. (2002). *Філософський енциклопедичний словник / НАН України, Ін-т філософії ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: В. І. Шинкарук (голова)*. Київ: Абрис.
- Ягупов, В. В. (2012). Провідні методологічні характеристики основних видів компетентності майбутніх фахівців, що формуються в системі професійно-технічної освіти. *Модернізація професійної освіти і навчання: зб. наук. праць*, 2, 45-59.
- Ягупов, В. В., & Свистун, В. І. (2007). Компетентнісний підхід до підготовки фахівців у системі вищої освіти. *Наукові записки НаУКМА. Серія: Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота*, 71, 3-8.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

3.1. Особливості проектно орієнтованого навчання в системі професійної підготовки майбутніх інженерів

Аналіз поточного стану системи професійної підготовки майбутніх інженерів доводить необхідність структурної перебудови освітніх програм їх підготовки шляхом системного впровадження інноваційних педагогічних технологій. Визначальними чинниками такої діяльності є:

- необхідність відходу від знанневої парадигми на користь компетентнісної, що сприятиме формуванню широкого спектру фахових та загальних компетентностей;
- необхідність посилення студентоцентрованості освітнього процесу, що пов'язано з реалізацією особистісно орієнтованого підходу;
- необхідність розвитку творчого потенціалу студентів шляхом залучення їх до квазіпрофесійної діяльності.

До ефективних педагогічних інновацій, використання яких у професійній підготовці майбутніх інженерів є поширеною практикою у вітчизняних та закордонних університетах, належить проектно орієнтоване навчання.

Історично склалося, що в англійськомовних джерелах для позначення понять «*проблемно орієнтоване навчання – problem-based learning*» та «*проектно орієнтоване навчання – project-based learning*» використовується однакова аббревіатура – PBL. Як наголошується в низці праць, засади, на яких ґрунтуються обидва підходи, є спорідненими, адже освітній процес організовується навколо проблеми, що виноситься на вирішення студентів та стимулює їх до пошуку оптимальних стратегій вирішення, а проектна діяльність обирається як спосіб організації роботи (Kolmos, 1996; Helle, Tynjala, & Olkinuora, 2006). Подібні

міркування знаходимо й у публікаціях Міжнародного бюро освіти ЮНЕСКО, де зазначається, що «зазвичай, поняття «проектно орієнтоване навчання» використовується взаємозамінно з поняттям «проблемно орієнтоване навчання», особливо у випадку, коли проекти спрямовано на вирішення проблем реального світу» (UNESCO-IBE, 2013).

Визначити стартову точку впровадження проектно орієнтованого навчання в освітній процес достатньо складно, оскільки підготовка фахівців інженерного та природничо-математичного профілів у вищій школі завжди містила складову, пов'язану із цілеспрямованим використанням отриманих знань на практиці. Так, підготовка й проведення вимірювального експерименту є прикладом діяльності, наділеної рисами проекту, адже включає в себе формулювання мети та завдань дослідження, постановку задачі, вибір методик та технічних засобів її вирішення експериментальним шляхом, фіксацію проміжних та кінцевих результатів та їх опрацювання. Відповідно, говорячи про *проектно орієнтоване навчання* як інноваційну педагогічну технологію слід зосереджуватися на тих поворотних моментах, коли до проектної діяльності учнів і студентів почали ставитися особливі вимоги, які виникали у відповідь на значущі зміни в освітній сфері та в промисловості, для якої, власне, і здійснюється підготовка фахівців інженерних спеціальностей.

Протягом останніх десятиліть з'явилися численні публікації вітчизняних і світових дослідників, присвячені дослідженню різних аспектів проектно орієнтованого навчання. Зазначимо, що у психолого-педагогічній літературі для закордонних джерел, що висвітлюють особливості професійної підготовки майбутніх інженерів, загальноживаним є термін «*проектно орієнтоване навчання*», тоді як вітчизняні дослідники використовують переважно терміни «*проектна діяльність*», «*творча проектна діяльність*», «*метод проектів*», «*проектна технологія*», «*проектне навчання*».

Відповідно до визначення, що пропонує ЮНЕСКО (Buck Institute for Education) «проектно орієнтоване навчання – це системний педагогічний метод (метод навчання), спрямований на залучення студентів до отримання знань та

навичок шляхом розширеного процесу дослідження, структурованого навколо складних, аутентичних питань та ретельно спроектованих продуктів та завдань» (UNESCO-IBE, 2013). Згідно з класифікацією методів навчання за характером пізнавальної діяльності (І. Лернер, М. Скаткін) метод проектів належить до групи частково-пошукових методів, а відповідно до класифікації методів за логікою передавання і сприймання інформації (Ю. Бабанський) – до індуктивних. Для того, щоб підкреслити всю багатогранність проектно орієнтованого навчання, зазначимо, що в статті О. Корнійчук та Л. Бурової наведено близько двадцяти визначень, запропонованих різними дослідниками (Корнійчук & Бурова, 2012):

- спосіб організації пізнавально-трудової діяльності;
- спосіб організації педагогічного процесу;
- особистісно орієнтований метод навчання;
- самостійна творча праця;
- сукупність навчально-пізнавальних прийомів;
- система навчання;
- гнучка модель організації навчального процесу;
- форма організації навчання;
- спеціально організований комплекс дій;
- педагогічна технологія;
- сукупність педагогічних прийомів і операцій;
- комплексний метод навчання;
- цілеспрямована самостійна діяльність.

Ретроспективний розгляд методу проектів показує його еволюцію від власне специфічного методу, що був спрямований на досягнення частинних дидактичних цілей, до інноваційної педагогічної технології, що є стрижневим елементом освітньої програми. Більшість із визначень проектно орієнтованого навчання акцентує увагу на особливій організації освітнього процесу, що має знаходити відображення у всіх елементах освітньої програми. На нашу думку, раціональним є поділ, запропонований Г. Хейтманом (1996). Дослідник розрізняє *проектно*

орієнтоване навчання, проектно орієнтовані курси та проектно організовані навчальні плани. Проектно орієнтовані курси (*project-oriented study*) пов'язуються з використанням малих проектів у рамках окремих навчальних курсів, а *проектно організовані навчальні плани (project organized curriculum)* – із використанням проектної діяльності як структурного принципу для всієї освітньої програми. Таким чином, проектно орієнтоване навчання може визначатися не лише як діяльність, спрямована на вирішення окремої проблеми, а й стосуватися розроблення навчальних планів у цілому.

Слід зазначити, що в сучасному світі поняття «*проект*» і «*проектна діяльність*» використовуються в найрізноманітніших сферах людської діяльності. В етимологічному словнику зазначається, що іменник «*проект*» походить від латинського слова *projectum* – «*спрямований уперед*», що, своєю чергою, походить від дієслова *proicere*, утвореного поєднанням слів *pro* – «*уперед*» та *iacere* – «*спрямовувати, приводити в рух*» (Online Etymology Dictionary, 2018). Великий тлумачний словник сучасної української мови містить такі визначення поняття «*проект*» (Бусел, 2005): «Проект. -у, ч. 1. Сукупність документів (розрахунків, креслень, макетів тощо), необхідних для зведення споруд, виготовлення машин, приладів і т. ін. Типовий проект.

2. Попередній текст якого-небудь документа, що виноситься на обговорення, затвердження. || Щось незакінчене, намічене лише в загальних рисах (про літературний твір, лист, доповідь і т. ін.); начерк.

3. Задуманий план дій; задум, намір».

Зауважимо, що в Оксфордському словнику англійської мови поняття *проект* у загальному трактується так: «1. Індивідуальна чи колективна ініціатива (діяльність зі створення чогось), що ретельно планується для досягнення поставленої мети». Далі зміст цього поняття деталізується для різних видів людської діяльності, причому першим є таке визначення «1.1. Елемент дослідницької роботи, що виконується учнем чи студентом» (Soanes & Stevenson, 2003). Подібні визначення, які на рівні усталеної мовленнєвої практики встановлюють зв'язок проектів і освітньої діяльності, пропонуються і в

Кембриджському словнику англійської мови:

«1. Фрагмент спланованої роботи чи діяльності, що завершується у визначений період часу та спрямований на досягнення певної мети; 2. Вивчення конкретного предмета, що триває протягом певного періоду й здійснюється, як правило, студентами» (Cambridge Dictionary, 2018).

Незалежно від сфери людської діяльності для заходів різної природи, складності й тривалості, як, наприклад, запуск Великого адронного колайдера, реформування системи вищої освіти, ремонт приміщення лабораторії, можна виділити низку спільних ознак, що дозволяють характеризувати їх як проекти, а саме (Батенко, Загородніх, & Ліщинська, 2003):

- спрямованість на досягнення конкретної мети;
- базування на скоординованому виконанні пов'язаних між собою дій;
- обмеженість часу, що відводиться на виконання проекту, визначеність певної дати початку і закінчення;
- наявність ресурсних обмежень (фінансових, трудових, часу тощо);
- неповторність й унікальність проектних рішень.

Прикладами проектів різних рівнів складності є (Wim & Van der BLij, 2011):

- проекти державного рівня: проектна діяльність, пов'язана з вирішенням проблем забезпечення енергетичними ресурсами, чистою водою, запобігання змінам клімату, соціальним інноваціям тощо;
- проекти великих компаній: діяльність, що зосереджується на створенні продукції з принципово новими характеристиками, чи продукції з істотно поліпшеними даними;
- проекти підрозділів компаній: розроблення продуктів чи послуг, що будуть використовуватися в інших підрозділах великої компанії чи надаватися кінцевим споживачам;
- проекти індивідуального рівня: вирішення побутових питань, пов'язаних з організацією навчальних, побутових задач, тощо.

У контексті використання проектів в освітній сфері на увагу заслуговує низка праць Міхаеля Кнолля, де подано ретроспективний аналіз проектно орієнтованого

навчання й особливостей його впровадження. Автор підкреслює, що вже на початку XVIII ст. підсумковий екзамен для майбутніх архітекторів та інженерів в італійських і французьких навчальних закладах (Академія де Сан Лука в Римі, Королівська Академія архітектури в Парижі) передбачав розв'язання практичних завдань, пов'язаних із самостійним розробленням проекту і креслення масштабної будівлі, наприклад, собору чи палацу (Knoll, 1997). Таке підсумкове оцінювання, при якому проблема інженерного проектування мала вирішуватися не абстрактним і теоретичним шляхом, а на практиці й з дотриманням певних термінів, отримало назву «*проект*» саме в сенсі професійної підготовки. Зазначимо, що у наведеному випадку перед студентами все ж не ставилося завдання втілення виконаних розробок безпосередньо на практиці, тому і використовувався термін *projetti*, тобто «*робота в уяві*» (Knoll, 2012).

На наступному етапі, який, на думку М. Кнолля, охоплює 1765 – 1880 рр., відбулося усвідомлене сприйняття проектів як дієвого методу навчання та поширення його використання в технічних університетах Європи і США, серед яких Центр мистецтв та виробництва (Париж), Політехнічна школа (Карлсруе), Массачусетський технологічний інститут (Бостон), Іллінойський промисловий університет (Урбана). Між 1880–1915 рр. концепція навчання з допомогою проектів, що вимагають вирішення завдань реального світу, впроваджувалася спочатку в сільськогосподарських коледжах США, а згодом і в школах професійної підготовки (трудовах школах). Джон Д. Ранкл, президент Массачусетського інституту технології, та Кальвін М. Вудвард, декан Політехнічного інституту О'Фаллон Вашингтонського університету, запропонували власний підхід до підготовки студентів шкіл професійної підготовки. Відповідно до ідей К. Вудварда студенти спочатку опановували основи роботи з інструментами й технікою, а потім, після завершення певного навчального розділу чи року навчання, виконували самостійні розробки. Таким чином, планувалося навчання, яке просувалося систематично від елементарних принципів (інструктування) до практичного застосування (конструювання). Така система підготовки стала

настільки популярною, що в 90-х рр. XIX століття була впроваджена також на рівні загальноосвітніх початкових шкіл (Митрофанова, 2010; Митрофанова, 2014).

На початок XX ст. метод навчання з використанням проектної діяльності учнів був предметом активного обговорення, отримуючи схвальні відгуки як від практикуючих викладачів, так і на законодавчому рівні. Власне термін «метод проектів» уперше було вжито в 1908 році, а в 1914 році він отримав підтримку Конгресу, що засвідчувалося прийняттям Акта Сміта-Левера, відповідно до якого значні кошти виділялися для новостворених шкіл професійної підготовки саме для впровадження проектно орієнтованих навчальних планів (Pesore, 2015).

Важливою віхою впровадження проектно орієнтованих підходів у освітню сферу стала діяльність професора Вільяма Герда Кілпатріка, який, послуговуючись ідеями Джона Дьюї, запропонував у 1918 році власну концепцію методу проектів. Основна ідея В. Кілпатріка полягала в необхідності активної діяльності тих, хто навчається, у соціальному оточенні. В. Кілпатрік використовував метод проектів під час власної викладацької діяльності на посаді професора педагогічного коледжу в Колумбійському університеті (Teachers College, Columbia University in New York) (Helle, Tynjala, & Olkinuora, 2006). У статті В. Кілпатріка «Dangers and Difficulties of the Project Method and How to Overcome Them» («Небезпеки та труднощі методу проектів та як їх подолати») зазначено, що *«термін проект належить до будь-якої одиниці цілеспрямованого досвіду, до будь-якого прикладу цілеспрямованої діяльності, де переважаюча мета, як внутрішній поштовх, визначає мету діяльності, керує її перебігом, надає стимул, внутрішню мотивацію»* (Kilpatrick, 1921, pp. 288-289).

Як зазначалося вище, теоретичною основою методу проектів є педагогіка прагматизму, ідеологом якої був відомий американський філософ, педагог та психолог Дж. Дьюї. Ідеї Дж. Дьюї розглядаються як «привабливе поєднання прагматизму та ідеалізму: прагматизм у тому сенсі, що навчання з усвідомленням мети розглядається як джерело формування мотивації студентів, ідеалізм у тому сенсі, що вирішення серйозних теоретичних або практичних проблем розглядається як вершина інтелектуальних досягнень» (Birch, 1986, p. 73). Для

розробленої Дж. Дьюї концепції прагматичного навчання, важливими є власні відкриття тих, хто навчається; вони мають здобувати власний досвід та знання, вирішуючи практичні проблеми в життєвих ситуаціях.

У працях В. Кілпатріка було визначено чотири типи проектів:

1. Утілення зовнішньої ідеї або плану в матеріальній формі.
2. Отримання насолоди від певних естетичних переживань та споглядання.
3. Вирішення проблеми.
4. Отримання даних, оволодіння певними знаннями і навичками.

Для реалізації проектів першого та четвертого типів В. Кілпатрік передбачав виконання поданих далі кроків: визначення цілі проекту, планування, виконання та оцінювання отриманих результатів. Особлива (естетична, а не практична) природа проектів другого типу зумовила той факт, що В. Кілпатріком не було запропоновано певної схеми їх реалізації. У рамках нашого дослідження увагу привертають насамперед проекти третього типу. В. Кілпатрік стверджував, що складно відділити проблему, що вирішується, від проекту, за допомогою якого здійснюється вирішення, пропонуючи як критерій розподілення розглядати наявність чи відсутність мети. Проектом є діяльність, яка ґрунтується на тому, що її метою і є вирішення проблеми.

Для проектів третього типу В. Кілпатрік звертається до запропонованої Дж. Дьюї концепції рефлексивного мислення. Рефлексивне мислення передбачає послідовність логічних, раціональних кроків чи процесів, що ґрунтуються на науковому методі визначення, аналізу та вирішення проблем, включаючи такі кроки: 1) ідентифікація та опис проблеми з використанням певного термінологічного апарату; 2) визначення гіпотези чи передумов існування такої проблеми; 3) збір та аналіз даних; 4) формулювання висновків; 5) застосування висновків до вихідної гіпотези (Митрофанова, 2010; Ресорс, 2015).

На жаль, на той час ідеї В. Кілпатріка не набули поширення, оскільки трактувалися як занадто прогресивні, зокрема тому, що автор робив акцент на самостійності учнів та студентів. На відміну від В. Кілпатріка, Дж. Дьюї виступав за збереження предметної системи підготовки; виконання проектів під

керівництвом учителя, вважаючи, що учні не можуть планувати самостійно ні проекти, ні завдання до них. Критика Дж. Дьюї та інших педагогів спричинила зниження інтенсивності застосування методу проектів й дослідницького інтересу до нього.

Надалі інтенсифікація впровадження проектно орієнтованого навчання пов'язується з 80-ми рр. ХХ століття. Рушійною силою при цьому стали, з одного боку, рекомендації та зауваження працедавців різних рівнів, а з іншого – активні педагогічні дослідження. Використання цього підходу в навчальній діяльності студентів інженерних спеціальностей на старших курсах було покликане зупинити розвиток негативних тенденцій, пов'язаних з посиленням теоретичної складової підготовки майбутніх інженерів (Evans, McNeil, & Beakley, 1990; Walther, Kellam, Sochacka, & Radcliffe, 2011). Вважалося, що студентські проекти сприятимуть розвитку емпіричної навчальної діяльності, коли аналітичні знання, засвоєні раніше, поєднуються з практичними підходами технічних дисциплін у завершеному прикладному проекті.

Як зазначалося вище, зовнішніми факторами для розроблення та впровадження проектно орієнтованого навчання як стрижневого елементу професійної підготовки студентів інженерних спеціальностей послуговували рекомендації, що формувалися такими організаціями, як ABET, FEANI, ЕС, численними промисловими компаніями та викладачами, що працювали у сфері інженерної освіти. Серед рекомендацій, пов'язаних з організацією проектно орієнтованого навчання, ключовими є (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005):

- розвиток студентської творчості й інноваційності мислення;
- звернення до проблем, що є слабо визначеними та не мають наперед відомого розв'язку;
- опанування методології інженерного проектування;
- уміння сформулювати та описати поставлену задачу з використанням зовнішнього та внутрішнього представлення;
- уміння використовувати альтернативні підходи до формулювання та вирішення проблем;

– розвиток гнучкості й системність мислення.

Окрім того, до реальних факторів, що набувають важливого значення у процесі проектування, слід віднести ідеї сталого розвитку, економічні міркування, безпеку, надійність, естетичні аспекти, етичні міркування та врахування можливих соціальних наслідків.

Інший, не менш значущий вплив на впровадження проектів спричинили потреби виробництва. Як було зазначено в підрозділі 1.2, низка методів та задач наукової діяльності принципово відрізняється від методів та задач інженерної. Тому впровадження проектно орієнтованої діяльності дозволяє краще підготувати майбутніх інженерів до роботи в промисловості. Зокрема, акцентується не на властивому для теоретичних наук та математики аналітичному методі вирішення проблем, а на проектуванні, інтеграції та синтезі як методах, що значно краще працюють для промислових задач (Walther, Kellam, Sochacka, & Radcliffe, 2011). Відповідно, промислові компанії світу доволі часто підтримують проектну діяльність студентів інженерних спеціальностей, виділяючи кошти, обладнання та забезпечуючи можливість практичного втілення результатів розробок.

Серед закладів вищої освіти, які активно впроваджують проектно орієнтоване навчання як обов'язкову складову освітніх програм підготовки студентів різних курсів інженерних спеціальностей, доречно виділити Католицький університет Льовену (Бельгія), Королівський технологічний інститут (Швеція), Політехнічний інститут Гренобля (Франція), Інженерний коледж Орхуса (Данія), Ольборзький університет (Данія) та ін. (Шатоха, 2016).

На початкових етапах формування методу проектів визначальний вплив мали праці Джона Дьюї та Едварда Лі Торндайка. Проектно орієнтоване навчання ґрунтується також на працях психологів початку ХХ століття Жана Піаже, Лева Виготського та Джерома Брунера, що традиційно пов'язуються з епістемологією конструктивізму (Savery & Duffy, 1995; Savery, 2006). Конструктивізм розглядається як альтернативна до позитивізму модель, в якій акцент робиться не на абсолютному знанні («об'єктивній реальності»), а на діяльності індивідуума, спрямованій на конструювання чи реконструювання

власної реальності шляхом узгодження наявного досвіду та нового знання. Нова інформація обробляється ментальними структурами, що містять здобуті раніше знання, коректні та хибні переконання, упередження і страхи. Якщо нова інформація узгоджується з перерахованими структурами, то вона інтегрується до них, а якщо суперечить, то індивідуум може запам'ятати її на деякий час (наприклад, для складання іспиту), але повноцінної інтеграції не відбудеться (Prince & Felder, 2007). У рамках теорії когнітивного розвитку було встановлено, що процес пізнання залежить від стадії розвитку особистості.

За результатами праць Ж. Піаже та його послідовників було сформовано такі принципи (Biggs, 1996; Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014):

1. Процес навчання фактично є навчанням студентів того, як застосувати сформовані раніше когнітивні структури в нових умовах.

2. У зв'язку з тим, що студенти не можуть навчитися застосовувати когнітивні структури, що ще не є сформованими, базова когнітивна архітектура повинна сформуватися самостійно.

3. Намагання «передати» знання, які виходять за межі поточної стадії когнітивного розвитку, є неефективними.

Розвинута Левом Виготським теорія, що отримала згодом назву соціального конструктивізму, додає вимір мови та спілкування до ідеї навчання шляхом конструювання нового розуміння (Vygotsky, 1978). У ній встановлюється зв'язок між навчальним контентом («що» вивчається) та соціальним («за яких умов» відбувається навчання). Тоді розуміння контенту не просто конструюється, а конструюється у взаємодії. Л. Виготський також розвинув поняття «зони найближчого розвитку», яку він визначив як «відстань між фактичним рівнем розвитку, що визначається здатністю самостійно вирішувати проблеми та рівнем потенційного розвитку, що визначається здатністю вирішувати проблеми під керівництвом дорослих або у співпраці з однолітками» (Goold, 2012).

Узагальнюючи особливості конструктивістського підходу до організації навчання, наголосимо на наступних аспектах (Biggs, 1996; Prince & Felder, 2006):

– навчання має бути потрібним студентам для заповнення прогалін та екстраполяції матеріалу, представленого викладачем. Метою є «виведення» студентів зі сфери сприйняття викладача як основного джерела інформації, допомога їм у формуванні навичок самонавчання;

– навчання має розпочинатися з матеріалу, який частково знайомий студентам. Нову інформацію варто представляти у контексті проблем «реального» світу, підкреслюючи її зв'язок з іншими галузями;

– навчання має передбачати такий вид діяльності, як робота в малих командах (бажано – для конструктивізму та обов'язково – для соціального конструктивізму).

У 70-х роках ХХ століття, спираючись на роботи Дж. Дьюї та Ж. Піаже, Девід Колб розвинув сучасну *теорію практичного (емпіричного) навчання (experiential learning)* (Kolb, 1984). У працях Колба виділено шість особливостей експериментального навчання.

1. Навчання слід розглядати як процес. Знання формується та постійно змінюється під впливом особистого досвіду.

2. Навчання є неперервним процесом, який ґрунтується на практичному досвіді. Студент, розпочинаючи вивчення, вже має попередньо сформовані уявлення про тему, що вивчається, причому такі уявлення можуть виявитися хибними.

3. У процесі навчання необхідно вирішити конфлікт між контраверсійними способами адаптації до світу. Студенту потрібні різні вміння, які варіюються від наявності конкретного досвіду до розуміння абстрактних понять і від пасивного спостереження до активного експериментування.

4. Навчання – це цілісний процес адаптації до світу. Навчання не обмежується стінами навчальної аудиторії.

5. Навчання передбачає взаємодію студентів із реальним світом.

6. Навчання – це процес формування знання, воно відповідає розумінню процесу пізнання в традиції конструктивістів.

Цикл навчання за Колбом (рис. 3.1 (позиція а)) охоплює чотири етапи, які відповідають різним когнітивним завданням та рівням абстрагування особи, що навчається (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014).

Дослідження показують, що для осіб, які навчаються, переважає, як правило, один з зазначених на рис. 3.1 способів. Однак саме їх інтеграція сприяє формуванню чотирьох типів знань і навичок, а саме: дивергентних, асимілятивних, конвергентних й акомодативних, що відбувається внаслідок взаємодії чотирьох вимірів – конкретного досвіду, спостереження у поєднанні з рефлексією, концептуалізації шляхом абстрагування та активного експериментування. Перераховані виміри та їх взаємодія з різними типами знань дозволяють проектувати різні види освітньої діяльності, в яких різні за студенти долучаються до різних способів побудови міркувань та практичних дій і, таким чином, до різного навчального досвіду. Окрім того, виникає можливість добору видів освітньої діяльності, спрямованих на одночасне пряме та опосередковане формування фахових та загальних компетентностей.

У 1978 році Дональд Шон запропонував *концепцію критичного осмислення практичної діяльності (reflective practitioner perspective)*, розглядаючи її як спосіб інтегрувати власний досвід, наявні теоретичні знання та дослідницький підхід з метою пошуку оптимального вирішення неоднозначних практичних проблем (Schon, 1983). Сформована на рівні регулярної практики професійна рефлексія перетворює виконання рутинних процедур на осмислену діяльність: «що було зроблено, в який спосіб була виконана робота та як можна виконати її краще» (Bulleit, Schmidt, Alvi, Nelson, & Rodriguez-Nikl, 2015).

Із додаванням проектної діяльності студентів модель практичного навчання за Колбом розширюється шляхом додавання дій, спрямованих на пошук вирішення проблеми. Так, до основних чотирьох етапів, запропонованих Колбом, додаються пошук альтернативних рішень (синтез), їх оцінювання, покращення та прийняття рішення про вибір чи відхилення певного варіанта (рис. 3.1 (позиція б)). Кожна зі згаданих теорій відображає різні аспекти освітньої діяльності, а проектно орієнтоване навчання постає як інтегрувальний практичний підхід.



(a)



(б)

Рис. 3.1. Модель практичного навчання за Колбом (а);

цикл Колба для проектно орієнтованого навчання (б)

На нашу думку, саме можливість несуперечливого використання різних за природою теоретичних ідей у практичній діяльності є одним з факторів, що сприяв поширенню проектно орієнтованого навчання.

Як показано у фундаментальному дослідженні К. Дима та ін. (2005, р. 109), проектно орієнтована діяльність є важливим механізмом для підвищення мотивації студентів. Зокрема, така діяльність, включена до навчального плану на першому – другому курсах, дозволяє студентам краще зрозуміти специфіку інженерії, долучившись до нескладних прикладних розробок. У статті М. Бреретон (1999) представлено результати вивчення того, як майбутні інженери навчаються та розвивають інженерну інтуїцію шляхом неперервного перемикання між ідеями й поняттями інженерної теорії та прикладною діяльністю. Було показано, що фундаментальні для інженерної діяльності поняття вивчаються шляхом практичного осягнення на межі між просторами практичних речей та абстрактних уявлень, що свідчить про застосування конвергентно-дивергентного мислення.

Ідеї М. Бреретон про взаємодію прикладних понять і моделей (1999), модель Колба «навчання через досвід» (Kolb, 1984) і той факт, що реальні інженерні проекти успішно реалізуються тільки завдяки командним зусиллям, визначають доцільність практичного впровадження проектної діяльності (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005).

Зазначимо, що впровадження окремих проектів у рамках вивчення окремих дисциплін недостатньо для того, щоб стверджувати, що навчання є проектно орієнтованим.

Дослідники пропонують використовувати п'ять ключових аспектів для ідентифікації проектно орієнтованого навчання (Adderley, et al., 1975; Gao, 2012):

1. Проекти містять вирішення проблем, вибір яких може самостійно здійснюватися студентами.
2. Виконання проектів потребує проявів ініціативності студента чи групи студентів і передбачає провадження різної діяльності.
3. Результатом проекту є, зазвичай, певний кінцевий продукт (наприклад, дисертація, звіт, технічне завдання, комп'ютерна програма чи модель).
4. Робота над проектом виконується протягом визначеного часу.
5. Викладачі консультують студентів, а не керують безпосередньо виконанням проекту на всіх етапах.

Звертаючись до матеріалів дослідження П. Блуменфельда і його колег (1991), Л. Хелле (2006) наголошує на винятковій важливості першого та третього аспектів. Автори зазначають, що вся сутність проектно орієнтованого навчання полягає в тому, що проблеми або питання слугують для організації діяльності та управління нею, причому така діяльність завершується створенням кінцевого продукту, який і є вирішенням проблеми. Подібні міркування наведено в статті Г. Хейтмана (1996), де автор ідентифікує характерні риси проектно орієнтованого навчання саме для системи інженерної освіти, виділяючи:

- спрямованість на розвиток мотивації;
- практичну професійну орієнтацію;
- опору на наявний досвід студентів;
- організацію роботи в команді та розвиток навичок комунікації;
- неостаточний характер знайденого розв'язання;
- мультидисциплінарний чи міждисциплінарний характер;
- розвиток навичок управління проектами.

Здійснений у роботі Мінгуї Гао (Gao, 2012) ретроспективний аналіз визначень проектно орієнтованого навчання вказує на два основні аспекти, за якими відрізняються опрацьовані визначення – наголос на різних рисах проектів та існування різних типів проектів. Зазначимо, що у більшості праць вітчизняних дослідників основна увага приділяється проектам, реалізація яких є можливою і в рамках традиційної предметно орієнтованої системи (Гулай, 2009; Власенко & Реутова, 2012), що залишає поза увагою потужний міждисциплінарний потенціал проектної діяльності майбутніх інженерів. Поряд з цим на важливості міждисциплінарної інтеграції наголошується в працях В. Курок, де інтеграція в освітньому середовищі розглядається як засіб формування цілісної системи наукових уявлень про відповідні аспекти реального світу (Курок, 2015а).

Трактування поняття «*міждисциплінарність*» у контексті інженерної освіти потребує певного уточнення, яке стосується організації освітнього процесу, дослідницької діяльності чи проектної діяльності інженерів. У публікації І. Чернецького, І. Сліпухіної та Н. Поліхун здійснено детальний аналіз понять

«міждисциплінарність», «мультидисциплінарність», «інтердисциплінарність» та «трансдисциплінарність» (Чернецький, Сліпухіна, & Поліхун, 2017). Як показують автори, усі наведені терміни пов'язані з різними видами реалізації міждисциплінарного підходу (рис. 3.2). Поняття «міждисциплінарність» трактується як найзагальніший термін, що використовується у випадках, коли природа досліджуваного явища не відома або не визначена. Міждисциплінарний підхід забезпечує бачення певної проблеми з погляду різних предметних галузей.

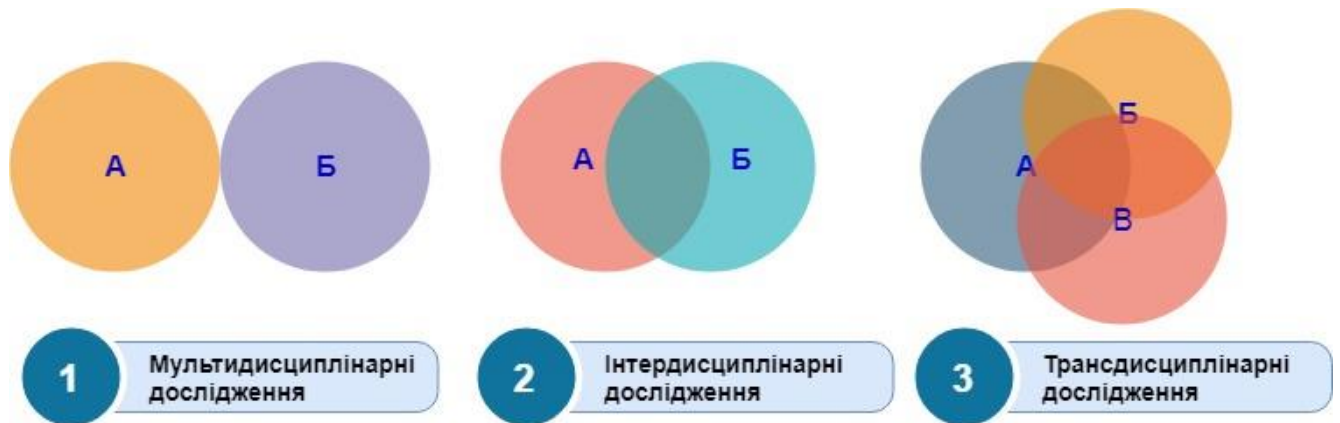


Рис. 3.2. Рівні інтеграції в міждисциплінарних дослідженнях (Menken & Keesstra, 2016; Klaassen, 2018)

У процесі дослідження відбувається залучення знань, методик тощо з різних дисциплін без їх поєднання. Інтердисциплінарний підхід передбачає інтеграцію способів діяльності та рішень з різних предметних галузей на кожному кроці пошуку вирішення проблеми. Трансдисциплінарні дослідження розширюються за рахунок залучення соціальних, гуманітарних, медичних та інших знань (Klaassen, 2018). Слід зазначити, що не завжди дослідники дотримуються термінологічної визначеності у процесі використання наведених вище понять, тому доволі часто у працях як вітчизняних, так і закордонних авторів терміни «міждисциплінарність» та «мультидисциплінарність» використовуються як тотожні. У подальшому ми використовуватимемо описані терміни відповідно до контексту освітньої ситуації.

Проектно орієнтоване навчання за своєю природою є мультидисциплінарним і може працювати у рамках двох основних підходів, які співвідносяться з ідеями дивергентного та конвергентного мислення (Luxhosj & Hansen, 1996; Dym,

Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005). Виділяють *проектувально орієнтоване проектне навчання*, що працює з поняттям «знаю як» («*know how*»), практичними проблемами конструювання та проектування на базі синтезу знань з багатьох дисциплін, та *проблемно орієнтоване проектне навчання*, що працює з поняттям «знаю чому» («*know why*»), тобто з вирішенням теоретичних проблем шляхом використання деяких споріднених знань. Як правило, в навчальних курсах зарубіжних університетів упроваджуються обидва підвиди проектно орієнтованого навчання. Аннет Колмос (Kolmos, 1996) пропонує інший підхід до класифікації проектної діяльності, виділяючи три типи проектів, що відрізняються ступенем автономії для студентів:

1. Проект-задача. Студентські команди працюють над проектами, теми яких були визначені викладачами. При цьому навчальний процес відбувається в рамках традиційної, орієнтованої на викладача парадигми. Такий тип проектів забезпечує мінімальну мотивацію студентів та розвиток у них навичок.

2. Дисциплінарний проект. Викладач визначає предметну сферу проекту та в загальних рисах визначає підходи, які можуть при цьому використовуватися. Як правило, тема проекту та підходи до його реалізації стосуються певної дисципліни, вивчення матеріалу якої здійснюється таким чином. Студенти можуть самостійно формулювати тему проекту в рамках визначеної предметної сфери та працювати над його виконанням за окресленими методиками.

3. Проблемний проект. Студенти мають максимальну автономію у виборі тематики власного проекту та методів його вирішення.

Важливим аспектом проблемного проекту є вибір типу проблеми, що має вирішуватися. Саме цей аспект відповідає за інтеграцію проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання. Зазначимо, що в деяких працях використовується термін «завдання» (*task*) як такий, що має ширше значення (Gao, 2012). Блуменфельд та ін. (1991) виділяють низькорівневі та високорівневі завдання. Низькорівневі завдання надають студентам різні можливості для представлення знань різними способами, формулювання та вирішення проблем чи використання знань для створення певних артефактів, тоді як високорівневі

пов'язані зі складними когнітивними завданнями, які надають можливості для вирішення практичних проблем.

Окрім забезпечення тісного зв'язку з реальними інженерними завданнями, в умовах організації проектної діяльності студентів особлива увага звертається на спосіб формулювання завдання. Варіантами можуть бути сильноструктуровані проблеми з відомим наперед вирішенням чи слабкоструктуровані проблеми, вирішення яких потребує оригінальних підходів (Savery & Duffy, 1995). Способи формулювання проблем та їх класифікацію ми детальніше розглянемо далі.

Низка досліджень останніх років стосувалася вивчення впливу проектно орієнтованого навчання на розвиток у майбутніх інженерів компетентностей, що перебувають на стику фахових та загальних: формуванням навичок самоспрямованого навчання при застосуванні проектних підходів (Stewart, 2007), розвиток навичок командної роботи, спілкування, вирішення проблем, самоспрямованого навчання та підвищення впевненості студентів, що спеціалізуються на комп'ютерних науках (Dunlap, 2005). Дослідження охоплювали впровадження проектно орієнтованого навчання для різних інженерних спеціалізацій: промислової інженерії (Urbanic, 2011), будівництва (Gavin, 2011), управління будівництвом (Chowdhury, 2013) та ін.

Протягом останніх років дедалі більше поширюється тенденція організації гібридного проектно орієнтованого навчання, починаючи з першого курсу (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005). Кожна зі студентських команд обирає власну тематику проекту, але при цьому лекції з методів проектування, управління проектами, технологій командної роботи проводяться одночасно. Тривалість проектів може суттєво варіюватися – від короткотермінових до таких, що тривають повний семестр чи навіть декілька семестрів поспіль. Як правило, проекти для першого року навчання спрямовані на засвоєння методології проектування. Очікуваним результатом такої проектної діяльності є зростання інтересу студентів до інженерної діяльності, формування навичок використання спеціалізованих інженерних прикладних програмних пакетів, розвиток чіткої мотивації під час

вибору спеціалізації на старших курсах, формування якісної професійної основи для проектної діяльності на старших курсах.

У ході проектної діяльності студенти краще починають розуміти роль та місце інженерії в сучасному світі та її зв'язки з наукою, технікою, соціальними потребами. Важливим аспектом проектно орієнтованого навчання є зростання мотивації студентів і, відповідно, зменшення їх відтоку в процесі навчання. Звичайно, очікувати, що проектно орієнтований підхід буде порятунком від усіх проблем сучасної інженерної освіти не доводиться, однак аналіз результатів від впровадження такого підходу визначає суттєві переваги у підготовці майбутніх спеціалістів, а саме вміння працювати в команді, що є важливою складовою фахової компетентності сучасного спеціаліста.

Водночас невирішеною залишається низка проблем, що стосуються вибору оптимальної тривалості проекту, поєднання задач у випадку міждисциплінарних проектів, організації командної роботи (зокрема, на засадах agile-підходу), використання технологій та прикладних ситуацій для формування високорівневих компетентностей як у рамках окремих дисциплін, так і в освітніх програмах у цілому, дотримання балансу між самостійною та контрольованою діяльністю студентів, організація роботи з інформацією, розроблення прозорої та дієвої системи оцінювання досягнень студентів, що враховуватиме як якість виконаного проекту, так і те, чого студенти навчилися, виконуючи завдання.

Перспективним напрямом проектно орієнтованого навчання є проекти, орієнтовані на команди, що складаються з представників різних спеціальностей. Проте для викладачів, що безпосередньо використовують проектно орієнтовані підходи для змішаних команд, проблемним моментом є формування універсальної шкали оцінювання діяльності студентів у процесів роботи над проектом, причому така шкала повинна допомагати оцінити як роботу команди загалом, так і окремих її представників. Слід відзначити ще один фактор, що ускладнює оцінювання роботи команди: це потреба визначити, що має вищу значущість – якість виконаного проекту загалом чи якість виконаної командної роботи.

Одним з роз'яснень для такої ситуації може бути теза про те, що команда, яка ефективно працює, може розвивати стратегії, які підсилюють переваги кожного з членів команди. Відповідно, оцінюючи роботу групи студентів, викладач може надати команді можливість виставляти власні оцінки, що допоможуть відстежити перебіг командної роботи та внесок кожного з учасників проекту. Крім того, цікавим педагогічним завданням є порівняльний аналіз оцінок викладача та студентської групи, пошук можливих кореляцій.

До відкритих питань також слід віднести дослідження, що стосуються систематичної взаємодії дивергентного та конвергентного мислення, їх впливу на формування навичок критичного мислення. Одним з можливих методів є організація дослідницької діяльності студентів, що спонукатиме до використання методів аналізу й синтезу, розвитку навичок оцінювання інженерних продуктів, систем і проектів, спрямованих на їх розроблення.

Як зазначалося вище, проблеми є відправною точкою проектної діяльності студентів. З метою вивчення особливостей використання проблемно орієнтованого навчання в українських ЗВО ми проаналізували низку публікацій різних типів. Серед них, насамперед, виділимо публікації в науковій періодиці та книжкові видання з питань педагогіки вищої школи. Детальна інформація про наукові публікації в українських виданнях відображена в базі даних Національної бібліотеки України ім. В. І. Вернадського. Електронна система бібліотеки надає можливість пошуку в матеріалах періодичних видань, авторефератів, книжкових видань та реферативній базі (Луценко & Козуля, 2016).

Аналіз знайдених матеріалів дозволив відстежити наступну тенденцію – питання проблемно орієнтованого навчання (в україномовній літературі сформувалася традиція використовувати термін *«проблемне навчання»*) активно розглядалися та висвітлювалися у наукових публікаціях, починаючи із 60-х–70-х рр. ХХ століття. Слід наголосити, що більшість дослідників даного періоду розглядала проблемне навчання як метод доцільний та дієвий швидше для середньої, а не вищої школи (Оконь, 1968; Матюшкин, 1977; Махмутов, 1980).

Огляд робіт зазначеного періоду та їх внесок у розроблення поняттєвого апарату проблемного навчання здійснено в (Павленко, 2014). Особливістю робіт 70-х–80-х років ХХ століття є визначення особливої ролі вчителя, яка полягає у створенні проблемних ситуацій та керуванні діяльністю учнів із самостійного вирішення навчальних проблем (Махмутов, 1980), що є характерним й для робіт, у яких розглядається використання проблемного навчання для студентів ЗВО.

Серед українських учених питаннями проблемного навчання, зокрема побудовою його категоріального апарату, визначенням можливих типів проблемних завдань, вивченням ролі та місця проблемного навчання в освітньому процесі займалися В. Паламарчук, І. Підласий, О. Резван, М. Фіцула та ін. Проблемне навчання є важливим аспектом професійної підготовки майбутніх фахівців, як це доведено в працях О. Киричука, В. Масича, Н. Ничкало, І. Сліпухіної та ін. З практичного погляду, саме в контексті системи інженерної освіти цікавим є досвід Сумського державного університету, спрямований на використання практико-орієнтованих технологій у системі професійної підготовки майбутніх інженерів (Іванов, Криворучко, & Купенко, 2015).

Ми проаналізували також матеріали низки підручників із педагогіки вищої школи. На нашу думку, представлене в них бачення проблемно орієнтованого навчання релевантно відображає ті засади, на яких нині базується підготовка викладачів для української вищої освіти. Зазначимо, що автори зосереджуються переважно на теоретичних аспектах проблемно орієнтованого навчання. Так, у підручнику З. Курлянд та ін. (2007) проблемне навчання розглядається як «така організація процесу навчання, сутність якої полягає в утворенні в навчальному процесі проблемних ситуацій, вирішенні та вирішенні студентами проблем». До форм проблемного навчання відносять проблемний виклад навчального матеріалу на лекції, частково-пошукову діяльність та самостійну дослідницьку діяльність студентів. Згадані форми проблемного навчання повністю прив'язані до традиційних організаційних форм навчання, а у випадку самостійної дослідницької діяльності не висвітлюється можливість організації роботи невеликих груп студентів. Відповідно до визначення, наведеного в праці В. Ортинського (2009),

«суть проблемного навчання – у постановці (педагогом) і розв’язанні (студентом) проблемного питання, завдання і ситуації».

У праці А. Кузьмінського (2005) розглядається класифікація методів навчання за рівнем самостійної розумової діяльності, яка охоплює три категорії методів: проблемний, частково-пошуковий та дослідницький. Автор зазначає, що кожен із методів «ґрунтується на послідовній і цілеспрямованій постановці перед студентами проблемних завдань, розв’язуючи які, вони під керівництвом викладача активно засвоюють нові знання». Використання перерахованих методів передбачає залучення студентів до в активної пізнавальної діяльності.

У праці М. Фіцули (2010) проблемне навчання розглядається як «дидактична система, яка ґрунтується на закономірностях творчого засвоєння знань і способів діяльності, на прийомах і методах викладання та учіння з елементами наукового пошуку».

Наступним кроком було вивчення публікацій в науковій періодиці. Як критерії пошуку ми використовували словосполучення *«проблемно орієнтоване навчання»*, *«проблемне навчання»*, *«Україна»*, *«інженерна освіта»*, *«вища освіта»*. Серед знайдених джерел ми виділяли потенційно релевантні, звертаючи особливу увагу на публікації, де висвітлено різні аспекти застосування проблемно орієнтованого навчання у вищій школі.

У результаті пошуку було виділено 63 статті, роки публікації яких охоплюють період від 2007 р. до 2015 р. Серед знайдених статей питання застосування проблемного навчання у вищій освіті розглянуто в 57 публікаціях, серед них такі, що стосуються медичної освіти – 10 статей, інженерно-технологічної та фізичної освіти – 3 статті (Масич, 2013), (Масич & Безугла, 2013) та (Сліпухіна & Калініченко, 2014), юридичної освіти – 5, підготовки вчителів – 14, вивчення іноземних мов – 8, теоретичних питань проблемно орієнтованого навчання – 11, інших напрямів підготовки (економіка, географія, історія, агротехніка) – 6. Крім того, 6 публікацій присвячено застосуванню проблемного навчання в середній школі. Такий розподіл свідчить про недостатній рівень поінформованості про можливості, які надає впровадження проблемно

орієнтованого навчання саме у сфері інженерної освіти. Водночас підготовка майбутніх учителів засобами проблемного навчання та їхня підготовка до використання проблемно орієнтованого навчання у власній професійній діяльності представлені найактивніше.

Статті українських дослідників, присвячені впровадженню проблемно орієнтованого навчання в підготовку студентів інженерних спеціальностей, мають низку спільних ознак:

- переважна зосередженість на теоретичних засадах проблемно орієнтованого навчання;
- опис структури проблемно орієнтованого навчання ґрунтується переважно на публікаціях українських / російських авторів;
- впровадження проблемно орієнтованого навчання розглядається крізь призму індивідуальної діяльності викладача в рамках традиційного предметного підходу;
- відсутність розгорнутих емпіричних даних.

З метою вивчення зарубіжного досвіду застосування проблемно орієнтованого навчання в процесі підготовки майбутніх інженерів ми проаналізували також низку праць закордонних авторів. Традиційно перший досвід упровадження проблемно орієнтованого навчання як інноваційного для системи вищої освіти підходу датується кінцем 60-х років ХХ століття (Gijsselaers, 1996). В одній з перших праць проблемно орієнтоване навчання визначається як «навчання, що втілюється в діяльності, спрямованій на усвідомлення чи вирішення проблеми» (Barrows & Tamblyn, 1980). Як стверджується у роботі Меггі Савін-Баден (Savin-Baden, 2000), проблемно орієнтоване навчання характеризується гнучкістю та різноманіттям і може впроваджуватися найрізноманітнішими способами на базі різних дисциплін, освітніх програм підготовки та навчальних закладів у цілому.

Системне застосування проблемно орієнтованого навчання розпочалося з підготовки студентів медичних спеціальностей в Університеті МакМастера (Канада) у кінці 1960-х років (Barrows, 1996). Запропонована Горацио Барроусом модель проблемно орієнтованого навчання ґрунтувалася на припущенні, що

навчання шляхом занурення в проблемні ситуації є ефективнішим інструментом формування сукупності практичних знань та навичок, аніж навчання шляхом запам'ятовування (Savin-Baden, 2000). Згодом оригінальні моделі проблемно орієнтованого навчання були запроваджені в університеті Роскілле (1972, Данія), Ольборзькому університеті (1974, Данія) та університеті Маастрихта (1974, Нідерланди). В університетах Роскілле та Ольборгу проблемно орієнтоване навчання використовувалося вже при навчанні студентів різних спеціальностей, зокрема й інженерних (De Graaf & Kolmos, 2003).

Запропоновані в цих навчальних закладах способи організації проблемно орієнтованого навчання використовуються й зараз: модель університету МакМастера (McMaster's model) – переважно в медичній освіті, модель університету Маастрихта (Maastricht mode) – у юридичній, модель університету Ольборгу (Aalborg model) – в інженерній та природничій підготовці (Savin-Baden, 2000; Edstrom & Kolmos, 2014).

До особливостей різних моделей проблемно орієнтованого навчання слід віднести також, що в університетах МакМастера та Маастрихта процес вирішення проблем організовується з використанням кейсів, тоді як для університетів Роскілле та Ольборгу властива організація проблемного навчання на засадах проектної діяльності студентів. Нині Ольборзький університет є п'ятим за величиною закладом вищої освіти цієї країни. Підготовка студентів інженерних спеціальностей в університеті Ольборгу обов'язково передбачає виконання студентських проектів у рамках навчального процесу із забезпеченням гнучкої взаємодії між теорією та практикою. У науковій літературі такий підхід й отримав назву «Ольборзька модель» («The Aalborg Model») (Ertmer & Simons, 2005).

Наразі проблемно орієнтоване навчання передбачає використання різних практичних підходів, для класифікації яких протягом тривалого часу використовувалася таксономія, запропонована Г. Барроусом (1986). Унаслідок специфіки професійної діяльності автора подана далі класифікація була детально розроблена для випадку системи медичної освіти. На нашу думку, важливим

аспектом запропонованої таксономії є виділення очікуваних результатів з використання проблемно орієнтованого навчання, що охоплюють:

- структурування знань для використання на практиці;
- розвиток навичок «розмірковувати»;
- розвиток навичок ефективного самонавчання;
- зростання мотивації до навчання.

Схематично цикл проблемно орієнтованого навчання представлено на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Цикл проблемно орієнтованого навчання

Г. Барроусом (1986) виділив такі категорії проблемно орієнтованого навчання:

– *Розгляд проблемних випадків на основі матеріалу лекцій (Lecture-based cases)*. При використанні такого методу викладач під час лекції ознайомлює студентів з певним матеріалом, доповнюючи його одним чи двома підготовленими та досить детально описаними випадками. Таке навчання повністю спрямовується викладачем (teacher-directed learning).

– *Вивчення лекційного матеріалу на основі розглянутих раніше випадків (Case-based lectures)*. Студенти ознайомлюються з проблемними випадками до початку занять, на яких буде розглядатися відповідний матеріал. Студенти повинні проаналізувати випадки, використовуючи здобуті раніше знання. У такому випадку теж переважає навчання, що спрямовується викладачем.

– *Метод кейсів (Case method)*. Студенти отримують повну інформацію про випадок для подальшого вивчення та дослідження. На основі вивчення випадку студенти повинні підготуватися до обговорення під час занять, при чому викладач у такому випадку виступає в ролі модератора процесу обговорення. При цьому наявне поєднання викладача та студентоцентрованого навчання.

– *Модифікований метод кейсів (Modified case-based method)*. У випадку такого методу студенти працюють невеликими групами, розглядаючи проблемні випадки. Викладач у такому випадку позиціонується як консультант.

– *Проблемний метод (Problem-based method)*. Студенти ознайомлюються з реальною проблемною ситуацією та долучаються до її вирішення в максимально реалістичних умовах. Вони отримують можливість розробляти власні гіпотези вирішення таких проблем, спираючись на здобуті раніше знання. У такому випадку діяльність викладача є керівною на етапі формулювання проблемного завдання, але стає консультативною, коли студенти працюють над пошуком розв'язання.

– *Замкнений цикл чи ітераційний проблемний метод (Closed-loop or reiterative problem-based method)*. Цей метод є розширенням попереднього. Після завершення самоспрямованого навчання (self directed learning) студентів просять оцінити інформаційні ресурси, що використовувалися і знову повернутися до проблеми, що вирішується. У такий спосіб студенти отримують можливість оцінити власну діяльність та визначити, наскільки оптимальним був їхній перебіг міркувань.

Запропонований Г. Барроусом підхід доречно використовувати в дослідженнях проблемно орієнтованого навчання, щоправда, з урахуванням того, що нині переважає його нове тлумачення як особливої філософії навчання, а не лише як деталей організації навчальних планів чи їх модифікації у вузькому сенсі.

Упроваджені в 60–70-х рр. ХХ століття моделі проблемно орієнтованого навчання були наділені низкою спільних ознак, що зберігаються й нині, отримавши в 1990-х рр. серйозне теоретичне підґрунтя. До таких ознак належать студентоцентрованість, на чому наголошується в працях Д. Боуда (1985) та А. Колмос (1996), організація роботи студентів у малих групах, коли викладач

виступає у ролі консультанта, а також спрямованість діяльності студентів на роботу з проблемою (Gijsselaers, 1996).

Згадане різноманіття проблемно орієнтованого навчання відображається також в існуванні взаємно несуперечливих зв'язків із низкою теоретичних освітніх концепцій. Так, сформована переважно представниками університетів Роскілле та Ольборга модель інтеграції проблемно орієнтованого навчання та проектної діяльності ґрунтувалася на ідеях експериментально орієнтованого навчання, засади якого сягають робіт Д. Дьюї (Birch, 1986).

Як зазначалося вище, багатогранність цього підходу полягає в існуванні різних трактувань та способів його впровадження на практиці. Неперервне обговорення різних аспектів проблемно орієнтованого навчання допомагає підтримувати цей підхід в активному стані, не перетворюючи його на формальну концепцію; чутливо реагувати на зміни глобальних освітніх тенденцій; залучати нові заклади вищої освіти, враховуючи регіональні особливості освітніх систем різних країн. Меггі Савін-Баден (Savin-Baden, 2000) запропонувала оригінальний підхід до класифікації моделей проблемно орієнтованого навчання, використовуючи як критерій загальні цілі навчання. Як ключові позиції, за якими здійснюється зіставлення, авторка виділяє (таблиця 3.1): знання (Knowledge); спрямованість освітнього процесу (Learning); тип проблем (Problem scenario); роль студентів у процесі навчання (Students); роль та завдання викладачів (Facilitators); оцінювання (Assessment).

Варто зазначити, що проблемно орієнтоване навчання і проектно орієнтоване навчання можуть бути складовою й традиційного, предметно орієнтованого освітнього процесу. При цьому, на відміну від студентоцентрованого навчання, викладач виконує керівні функції, визначаючи мету та завдання проекту, методи та засоби вирішення й оцінюючи кінцевий результат. Проблемно орієнтоване навчання розглядається як узагальнена освітня концепція, а проектно організоване навчання – як один із інструментів досягнення цілей (Kolmos, 1996).

У публікаціях (Dochy, Sefers, Vab deb Bosseche, & Gijbels, 2003) та (Walker & Leary, 2009) на основі узагальнення матеріалів 43 емпіричних статей про

впровадження проблемно орієнтованого навчання було зроблено висновки щодо значного позитивного ефекту в розвитку загальних компетентностей студентів різних спеціальностей.

Таблиця 3.1

Таксономія проблемно орієнтованого навчання за М. Савін-Баден

Модель	Опис
Модель 1. Проблемно орієнтоване навчання для розвитку епістеміологічних компетентностей	Знання: знання у вигляді суджень («знаю що») Навчання: використання неіндуктивного навчання Проблема: обмежений набір проблем з відомим наперед рішенням Студенти: «отримувачі» знань Викладачі: керують процесом розуміння коректних знань Оцінювання: тест на перевірку фактографічних знань
Модель 2. Проблемно орієнтоване навчання для професійних дій (потреб)	Знання: знання у вигляді алгоритмів та процедур («знаю як») Навчання: навички для робочого місця Проблема: проблеми з реального життя Студенти: практики, що мають навчитися вирішувати реальні проблеми для професійних потреб Викладачі: демонструють практичні дії Оцінювання: тест для перевірки практичних навичок на робочому місці та відповідних знань
Модель 3. Проблемно орієнтоване навчання для міждисциплінарних зв'язків	Знання: поєднання знань типів «знаю що» та «знаю як» Навчання: поєднання знань та навичок із різних дисциплін Проблема: рішення вимагають поєднання знань та дій Студенти: інтегрують знання з різних дисциплін Викладачі: координують навички та знання з різних дисциплін Оцінювання: навички та знання у відповідному контексті
Модель 4. Проблемно орієнтоване навчання для мультидисциплінарного навчання	Знання: усвідомити існуючі межі дисциплін Навчання: критичне осмислення та розуміння меж дисциплін Проблема: дилеми, слабкоструктуровані Студенти: незалежні мислителі з власною позицією Викладачі: демонструють гнучкість та використання інтегрованих підходів Оцінювання: можливість продемонструвати інтеграцію дисциплін
Модель 5. Проблемно орієнтоване навчання для критичних суперечностей	Знання: непередбачувані, такі, що визначаються з контексту, штучно сконструйовані Навчання: перевірка існуючих границь на міцність Проблема: багатовимірні, пропонують альтернативні шляхи вирішення Студенти: дослідження фундаментальних структур та переконань, розвиток нових гіпотез і знань Викладачі: коментатори, декодери культур, дисциплін та традицій Оцінювання: гнучке, з відкритими відповідями

У статті Е. Мосбі (2005) представлено матеріали опитування роботодавців, спрямовані на виявлення особливостей підготовки випускників Ольборзького університету, де такий підхід використовується практично від застосування в середині 1970-х років та Технічного університету Данії. За оцінками роботодавців, рівень сформованості інженерних та технічних знань й навичок є в середньому однаковим для випускників обох університетів. Однак такі якості, як уміння організовувати проектну діяльність та виконувати управлінські функції, інноваційність та розвинуте творче мислення, знання у сфері економіки та ринку, професійної сфери, комунікативні якості випускників Ольборзького університету оцінюються набагато вище.

Одним зі способів поєднання кращих елементів проблемно орієнтованого навчання та традиційних предметних підходів стало формування гібридної моделі проблемно орієнтованого навчання (PBL hybrid model або hybrid PBL). Гібридна модель передбачає, що проблемно орієнтоване навчання супроводжується заняттями, що проводяться за традиційною формою. Таку структуру має, зокрема, Ольборзька модель (Kjersdam & Eneemark, 1994; Kolmos, Fink, & Krogh, 2004). Приклад розподілу кредитів ECTS, чинного для освітніх програм Ольборзького університету, наведено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Приклад розподілу кредитів ECTS для одного семестру

Таким чином, студентам надається можливість ознайомитися з особливостями проблемно орієнтованого навчання та набути навичок для подальшої роботи (Moesby, 2005). Наразі гібридна модель розширилася за межі використання проблемно орієнтованого навчання й розглядається як поєднання занять у традиційній формі та проектної діяльності студентів. На засадах гібридного проектно орієнтованого навчання функціонують освітня модель (ТОМ) університету Твенте (Нідерланди), університету Південної Данії та ін.

Як ми зазначали вище, поняття «*проблема*» є надзвичайно важливим у контексті організації навчання інженерних студентів в умовах проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання. Звернімося спочатку до сутності поняття «*проблема*», розглянувши низку визначень:

Проблема – це ситуація чи сутність, що потребує уваги та потребує виконання з нею певних дій та/або її вирішення (Soanes & Stevenson, 2003).

Проблема (від грецьк. задача, утруднення) – клас завдань, що потребують практичного розв'язання в нестандартних умовах, чи евристична ситуація, яка пов'язана з неоднозначністю, можливістю альтернативних рішень (Шинкарук, 2002, с. 524). При розв'язанні проблеми може не бути попередньо заданого методу, його знаходять у процесі роботи.

У найзагальнішому трактуванні проблему можна визначити як питання, породжене спостережуваним явищем (ситуацією, подією тощо). Вирішення проблеми – це шлях від стану «*як все є*» (поточний стан буття) до стану «*як все має бути*» (ідеалізований чи гіпотетичний стан буття). Проблемна ситуація ініціює контрасти, конфлікти, суперечності, напруження, фрустрацію, спонукаючи до пошуку способів змінити поточний стан (Guerra, 2014).

Рушійною силою інженерної діяльності є при цьому «прагнення інженерів змінити навколишній світ, наприклад, шляхом модифікації процесів чи процедур чи впровадження нових продуктів, технологій чи знань» (Sheppard, Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006). Відповідно, у практичній інженерній діяльності проблеми можуть набувати форми потреби, вже наявної чи передбачуваної, та можуть бути сформульовані у вигляді запитання. З іншого боку, проблеми

виявляються рушійною силою процесу навчання. Студенти залучаються до процесу ідентифікації, аналізу та формулювання проблем, вирішення яких має бути знайдено. У процесі пошуку рішення студенти конструюють власні знання, розвиваючи складні навички побудови міркувань, критичного мислення та самоспрямованого навчання. Аналіз та осмислення того, що спостерігається (проблемна ситуація чи проблемний сценарій) і що є очікуваним створює емоційне та когнітивне напруження. Для того щоб змінити проблемну ситуацію, студенти повинні зрозуміти, що спостерігається, знайти пояснення спостережуваному та способи змінити ситуацію. Існують приклади запитань, що допомагають здійснити декомпозицію ситуації та ідентифікувати елементи проблемного сценарію (Guerra, 2014). Аналіз проблем потребує мобілізації наявних знань, усвідомленого їх аналізу, що дозволить переформулювати проблему в зрозумілих термінах і таким чином наблизитися до її вирішення. У праці М. Рубінштейна представлено такий узагальнений опис процесу вирішення проблем (Rubinstein, 1975): «Ми формулюємо проблему шляхом визначення очікуваних цілей у термінах опису стану. Ми вирішуємо проблему шляхом вибору процесу, що буде забезпечувати досягнення поставлених цілей за умови руху від стану, що визначений як початковий. Аналіз перехідних форм (модифікацій) початкового стану в процесі руху до поставленої мети, використовується для усвідомлення того, чи було вирішення проблеми успішним. Остаточний процес (вирішення) може бути цілком новим, тоді як його окремі частини – ні».

Описуючи структуру знань, потрібних для вирішення проблемних завдань, Гілберт Райл запропонував два виміри, які він описав термінами «знаю що» («*knowing what*») та «знаю як» («*knowing how*») (Ryle, 1949). Для вказаних вимірів у роботі використовуються такі терміни: декларативні (declarative) та процедурні (procedural) знання. Надалі було додано ще два виміри для представлення знань, а саме «знаю чому» («*knowing why*») – структурні знання (schematic) та «знаю, коли певні знання застосовуються, де та яким способом» («*knowing when certain knowing applies, where it is applied, and how it applies*») – стратегічні (strategic) знання (Sheppard, Colby, Macatangay, & Sullivan, 2006, с. 433).

В. Вінсенті (1990) пропонує детальніший опис структури інженерних знань, виділяючи шість основних категорій інженерних знань:

1. Фундаментальні засади проектування: операційні принципи роботи пристроїв та стандартні конфігурації для їх оптимального використання.

2. Теоретичні інструменти: математичні формули чи схеми розрахунків, які ґрунтуються на вивченні природи чи попередньому успішному досвіді застосування під час вирішення практичних проблем.

3. Критерії та специфікації: точні чисельні характеристики об'єктів, отримані із загальних якісних характеристик.

4. Чисельні дані: універсальні константи, властивості матеріалів, фізичних процесів, умови використання, допустимі відхилення, фактори безпеки.

5. Практичні дані: інформація, вивчена переважно на роботі та часто здобута неформальним чином.

6. Теоретичні засади проектування: процедури прийняття рішень та оцінювання.

Слід зазначити, що наведений перелік окреслює радше підхід до структурування інженерних знань, оскільки кожен із його пунктів отримує різне наповнення залежно від напряму інженерної діяльності чи проблеми, що вирішується в певний момент.

М. Рубінштейн також зауважує, що немає гарантії, що вирішення проблеми є унікальним і не можна стверджувати апріорі, що отримане вирішення проблеми було однозначно визначене через накладені обмеження.

У статті (Sheppard et al., 2006) узагальнено представлено основні етапи процесу вирішення проблеми:

– **Ідентифікація проблеми чи поточного стану (Кластер А).** Діяльність зосереджується на розробленні опису поточного стану (*«у якому стані ми перебуваємо»*). Така діяльність включає визначення того, що собою являє проблема, питання чи потреба, які розглядаються. Проблема може виникати, наприклад, з потреб виробництва, ринку праці, бути зумовлена соціальними чи політичними факторами.

– **Визначення атрибутів чи обмежень (Кластер В).** Діяльність зосереджується на створенні опису очікуваних (бажаних) атрибутів чи цілей або, говорячи іншими словами, що є бажаним і *«до якого стану ми хочемо перейти»*. Така діяльність передбачає визначення обмежень, потреб та атрибутів нового очікуваного стану, а також загальних функціональних властивостей та необхідних ресурсів.

– **Розроблення остаточних засобів дії (Кластер С).** Діяльність фокусується на розробленні опису процесу, що має заповнити розрив між тим, *«що є»* та тим, *«що є бажаним»*, а саме опис дій та порядку їх виконання. На даному етапі виводиться спосіб переходу від ідентифікації проблеми до її вирішення відповідно до накладених обмежень. Такий спосіб повинен поєднувати очікувані цілі та атрибути. При цьому використовується процедура аналізу, коли шляхом ітераційної процедури перевіряється опис поточних станів (починаючи від ідентифікації проблеми чи поточного стану) та здійснюється порівняння з очікуваним результатом. Така процедура триває до досягнення очікуваного стану. На кожному кроці оцінюється розходження між поточним станом та очікуваними цілями.

Діяльності, пов'язані з кластерами А та В, є критичними в ситуаціях виконання інженерних проектів. Оскільки багато інженерних проблем є слабо визначеними, така діяльність є одночасно надзвичайно важливою, проте й дійсно складною. Фактично діяльність, що здійснюється на цих стадіях, має дослідницький характер та пов'язана зі створенням максимально коректного опису власне проблеми та тих обмежень і потреб, що є визначальними для процесу пошуку вирішення. Для кластера С основний акцент робиться на процесі, що приводить до очікуваних цілей. Такий процес може бути визначений структурно (будується загальна процедура пошуку вирішення проблем) та параметрично (розроблена структурна схема набуває визначених характеристик відповідно до практичних обмежень). Зазначимо, що описані вище кластери в процесі вирішення проблеми не є поєднаними послідовно, оскільки така ситуація, очевидно, є ідеалізованою (Sheppard et al., 2006).

У роботах Карла Поппера виділено два основні типи проблем: практичні та теоретичні. Практичні проблеми визначаються як ситуації, що впливають на наші умови життя і трактуються як негативні, неправильні чи незадовільні. Така ситуація може бути соціальною, особистою і/або технічною та ініціювати зміни. Теоретичні проблеми існують, коли ми цікавимося характером чи підґрунтям ситуації (Guerra, 2014). Практичні та теоретичні проблеми є взаємопов'язаними. Відповідно, студенти повинні знати, з яких міркувань деяка ситуація трактується як проблемна (теоретична проблема). Це є одним з елементів аналізу проблем, що приводить до пошуку способів вирішення (практична проблема). Залежно від рівня складності проблеми можуть вирішуватися за допомогою простих математичних співвідношень чи вимагати інтегрованих підходів до пошуку рішення.

Різні типи проблем пов'язані з різними видами навчальних та пізнавальних завдань (таблиця 3.2) (Jonassen, 2011; Guerra, 2014).

Таблиця 3.2

Класифікація проблем у проектно й проблемно орієнтованому навчанні

Характеристика	Опис
Структурованість	Двома граничними випадками є слабкоструктуровані та сильноструктуровані задачі. У випадку слабкоструктурованих проблем їх окремі елементи та супровідна інформація є невідомими, що передбачає існування множини розв'язків та множини шляхів їх пошуку. Це також передбачає існування різних критеріїв для оцінювання знайдених розв'язків та невизначеність у сенсі концепцій, принципів та знань, які потрібні для вирішення проблеми. Доволі часто слабкоструктуровані проблеми вимагають від студентів прийняття рішень, висловлення власних позицій та переконань. Слабкоструктуровані та сильноструктуровані проблеми активізують пізнавальні процеси різних типів, включаючи метапізнання та аргументацію.
Контекст	Контекст проблеми становить ситуацію, частиною якої ця проблема є. Іншим можливим варіантом є аналіз певної ситуації та формування проблеми за результатами цього аналізу. Контекст пов'язаний зі структурованістю проблеми. Сильноструктуровані проблеми є більш абстрактними, аніж слабкоструктуровані. Для слабкоструктурованих проблем контекст є важливою складовою рішення та процесу його пошуку.

Складність	Складність проблеми пов'язана з кількістю запитань, функцій чи змінних, через які визначається її суть. Складність проблеми визначає когнітивне навантаження студента.
Динамічність	Динамічність проблеми пов'язана з тим, як елементи, фактори та змінні, визначальні для проблеми, змінюються з часом.
Предметна сфера	Предметна сфера пов'язана зі стратегіями вирішення проблем, що є специфічними для кожного випадку. Для однієї проблеми відкритими є різні способи побудови міркувань за умов її вирішення з урахуванням особливостей різних предметних сфер.

Наголосимо, що впровадження проектно орієнтованого навчання і проблемно орієнтованого навчання відповідає ідеям контекстного навчання (*contextual learning*), яке надає виняткового значення реальним ситуаціям. Контекстне навчання допомагає студентам побудувати зв'язки між змістом навчання та контекстом професійної діяльності чи повсякдення, в якому отримані знання можуть бути використані.

Освітній контекст трактується як середовище, що сприяє набуттю знань та вмінь із залученням попереднього досвіду студентів, факторів мотивації та можливостей для застосування інженерних знань та навичок на практиці. До особливостей професійного контексту інженерної діяльності, що мають знаходити відображення в освітньому процесі, належать:

- вирішення інженерних завдань з урахуванням вимог і потреб зацікавлених сторін, доступних ресурсів;
- застосування інноваційних технологій та винаходів з усвідомленням можливостей їх удосконалення;
- акцент на вмінні знаходити вирішення проблем;
- робота в команді й ефективна комунікація.

Ряд дослідників наголошує на таких характеристиках контекстного навчання, як поштовх до розуміння, взаємодія з контентом, зв'язки між новими ідеями та попередніми знаннями, зв'язки між концепціями та повсякденним життям; тайм менеджмент та ін. (Savin-Baden & Howell, 2004). У загальному випадку контекстне навчання передбачає (Johnson, 2002; Guerra, 2014):

- розгалужену систему зв'язків;
- саморегуляцію навчання;
- значущість роботи, що виконується;
- співпрацю;
- критичне та творче мислення;
- формування особистості;
- досягнення високих стандартів;
- використання оцінювання, що відповідає контексту.

Трансформація системи української вищої освіти, що відображає поступову зміну світоглядної парадигми українських викладачів, стає відчутнішою в останні роки, значною мірою внаслідок активізації студентської та викладацької мобільності, організації тренінгів та стажувань для викладачів українських закладів вищої освіти, інтенсифікації співпраці з університетами інших країн та, не в останню чергу, необхідності нарощувати конкурентоспроможність університетів на ринку освітніх послуг. Демографічний фактор пов'язаний зі зменшенням кількості випускників шкіл, що зафіксовано в десятиліття, та загальним зниженням інтересу до точних наук та інженерії, спричиняють доволі відчутну конкуренцію між ЗВО України. Одним з факторів, який, на нашу думку, сприяє формуванню позитивного іміджу навчального закладу в очах абітурієнтів, є демонстрація того, що його випускники успішно працевлаштовуються та мають гарні кар'єрні перспективи.

ЗВО усвідомлюють, що для успішного функціонування необхідні зміни у навчальних планах, методах викладання, породжених не формальними вимогами, а «внутрішньою» мотивацією викладачів. Як показує попередній досвід, реформування вищої освіти, впровадження освітніх реформ, що матиме характер адміністративного розпорядження, приречене на невдачу, оскільки може вилитися в абсолютно формалізований підхід (Рашкевич, 2014; McAleese, et al., 2014), який не враховує практичного досвіду викладачів. З іншого боку, впровадження без підтримки адміністрації теж є хибним шляхом, оскільки якісна освіта вимагає якісного ресурсного забезпечення.

Важливу роль у впровадженні інноваційних підходів відіграє «практичний досвід» викладачів, який визначається як сукупність знань та їх переконань щодо власної викладацької практики (Van Driel, Beijgaard, & Verloop, 2001). У публікації Кроніна-Джонса (1991) визначено чотири категорії переконань викладачів, що впливають на побудову навчальних планів. Такі переконання стосуються ідентифікації ролі викладача в освітньому процесі, методичних підходів до організації навчання, оцінювання фактичного рівня підготовки групи студентів та важливості певної теми. При впровадженні нових навчальних планів чи підходів викладачі намагаються узгодити формальні вимоги та власний практичний досвід.

З опертям на схему, запропоновану в роботі (Van Driel, Beijgaard, & Verloop, 2001), відповідно до якої в процесі впровадження освітніх реформ виділено 5 основних кроків, можна відзначити, що українська освіта «зависає» між 2–3 етапами: нові концепції запропоновано, певні очікування щодо діяльності викладачів сформовано, однак не вистачає спеціальних тренінгів та інших видів діяльності, пов'язаних із популяризацією інноваційних освітніх підходів.

Слід зазначити, що в багатьох дослідженнях наводяться дані, які підтверджують загалом позитивне сприйняття студентами інноваційних підходів до організації навчального процесу, зокрема проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання. Серед основних мотивів упровадження проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання дослідники виділяють (Helle, Tynjala, & Olkinuora, 2006):

- професійні мотиви;
- демократичні чи гуманістичні мотиви;
- мотиви, пов'язані з розвитком критичного мислення;
- педагогічні мотиви.

Водночас вивчення готовності українських викладачів STEM-дисциплін до змін, особливо в умовах, коли наявні підходи до навчання є виразно традиційними (в контексті компетентностей – орієнтованими на міцну теоретичну підготовку, в контексті методів – орієнтованими на викладача), є питанням, вартим уваги. Ефективність імплементації інноваційних педагогічних технологій (зокрема, й

проектно орієнтованого навчання) визначається, насамперед, відкритістю викладачів до новітніх ідей та підходів, рівнем їхньої адаптивності й готовності до подолання труднощів, що неминуче виникають при цьому.

Саме дослідження того, як викладачі інженерних спеціальностей сприймають проектно орієнтоване навчання та наскільки вони готові до впровадження його в систему підготовки майбутніх інженерів було визначено основним завданням опитування, що тривало протягом 2016–2017 років (Луценко & Луценко, 2018).

Усього кількість респондентів складала 54 особи. Серед респондентів було 61 % жінок (n=33) та 39 % чоловіків (n=21). Серед учасників було 9,3 % (5 осіб) професорів, 55,6 % (30 осіб) доцентів, 24,1 % (13 осіб) старших викладачів та 11,1 % (6 осіб) викладачів. 81,5 % (44 особи) мали наукові ступені докторів та кандидатів наук та 18,5 % (10 осіб) респондентів не мали наукових ступенів.

Педагогічний стаж учасників опитування розподілявся:

- 1–5 років – 12,9 % (7 осіб);
- 6–10 років – 12,9 % (7 осіб);
- 11–20 років – 53,8 % (29 осіб);
- понад 20 років – 20,4 % (11 осіб).

Наше опитування складалося з декількох частин. Розробляючи запитання, ми звернулися до матеріалів опитування, результати якого представлено у звіті Кетрін Браунер та ін. (2003). Перша частина запитань стосувалася оцінювання того, наскільки активно респонденти цікавляться сучасним станом педагогічних досліджень та як оцінюють їх корисність для своєї викладацької діяльності.

Опитування показало, що протягом двох останніх років 31,5 % (17 осіб) респондентів відвідували семінари, конференції, зустрічі, де обговорювалися проблеми викладання, понад 6 раз, 46,3 % (25 осіб) – 3–5 раз, 16,7 % (9 осіб) – 1–2 рази та 5,6 % (3 особи) – не відвідували жодного заходу (рис. 3.5 (позиція а)). Серед викладачів, що дали позитивну відповідь на попереднє запитання (всього 51 особа), 21,6 % (11 осіб) оцінили відвідані заходи як дуже корисні, 64,7 % (33 особи) назвали

їх інформативними, 9,8 % (5 осіб) – малоінформативними та 3,9 % (2 особи) вважають, що такі заходи не були корисними (рис. 3.5 (позиція б)).

44,4 % (24 особи) респондентів постійно ознайомлюються з навчально-методичною літературою з проблем викладання власних дисциплін чи інших питань освіти, 38,9 % (21 особа) – лише за потреби, коли це пов'язано з пошуком відповідей на конкретні запитання, 13,0 % (7 осіб) постійно працюють з навчально-методичною літературою, оскільки це є предметом їхньої наукової роботи, 3,7 % (2 особи) вказали, що роблять це нечасто й швидше випадково. 20,4 % (11 осіб) респондентів вважають, що доступних джерел навчально-методичних матеріалів достатньо й вони повною мірою відповідають потребам викладачів. Водночас 51,9 % (28 осіб) опитаних указали, що не вистачає практично орієнтованих матеріалів і лише 2,6 % (2 особи) зазначили, що не вистачає матеріалів, що стосуються теоретичних засад викладацької роботи. Ще 24,1 % (13 осіб) наголосили, що не вистачає матеріалів обох типів (рис. 3.6).

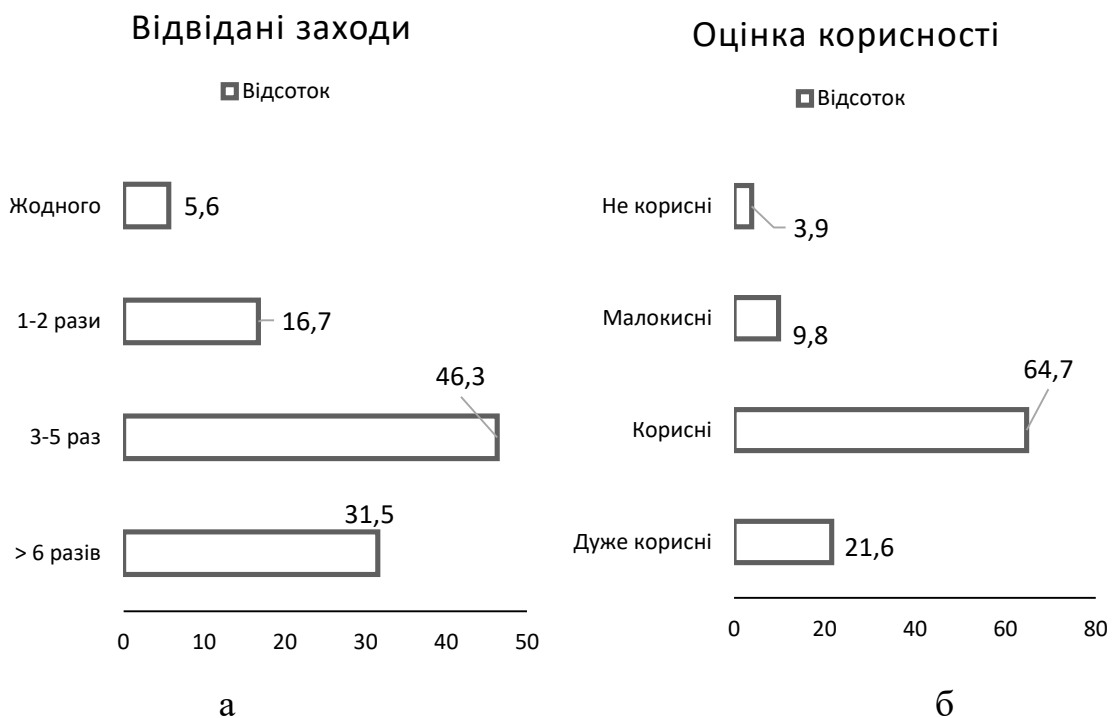


Рис. 3.5. Участь викладачів у заходах педагогічного спрямування (а) та оцінювання їх корисності (б)

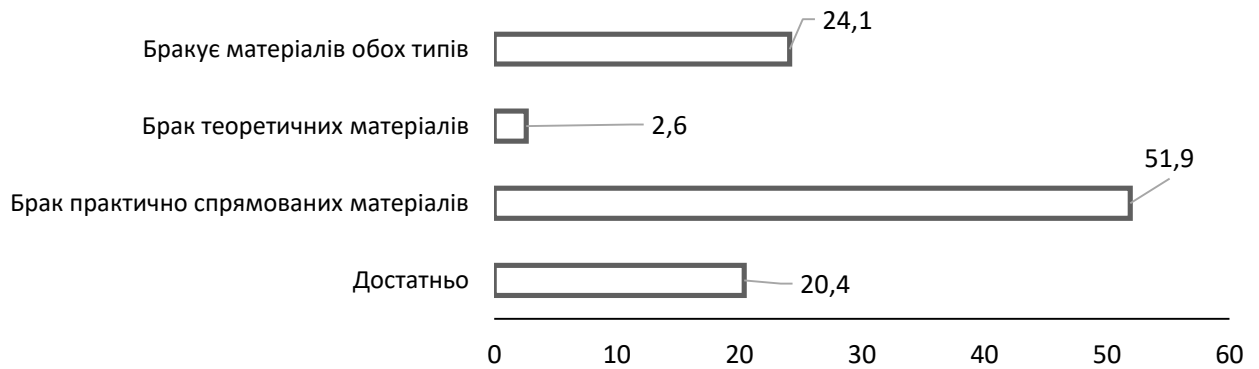


Рис. 3.6. Доступність навчально-методичних матеріалів різних типів

Ми також поцікавилися, які інноваційні педагогічні підходи почали впроваджувати викладачі інженерних спеціальностей після відвідування наукових семінарів та інших заходів. Отримані результати представлено на рис. 3.7, де номери позицій відповідають опису, наведеному в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Інноваційні педагогічні підходи

№	Опис позиції
1	Використання компетентнісного підходу під час формулювання очікуваних результатів навчання
2	Використання проблемно орієнтованого навчання
3	Використання проектно орієнтованого навчання
4	Використання кейсів
5	Використання інших видів активного навчання
6	Використання формативного оцінювання
7	Використання оцінювання за результатами роботи студентів у групі
8	Інші технології

72,2 % (39 осіб) вказали, що за результатами дослідження спостерігалось відчутне покращення навчальної ситуації, 18,5 % (10 осіб) – помірне покращення, 9,3 % (5 осіб) – вважають, що навчальна ситуація загалом не змінилася.

Найактивніше впровадженням інноваційних підходів займаються викладачі, що мають науковий ступінь та досвід викладання понад 10 років, що зумовлюється поєднанням здобутого практичного досвіду та активною професійною позицією викладачів.

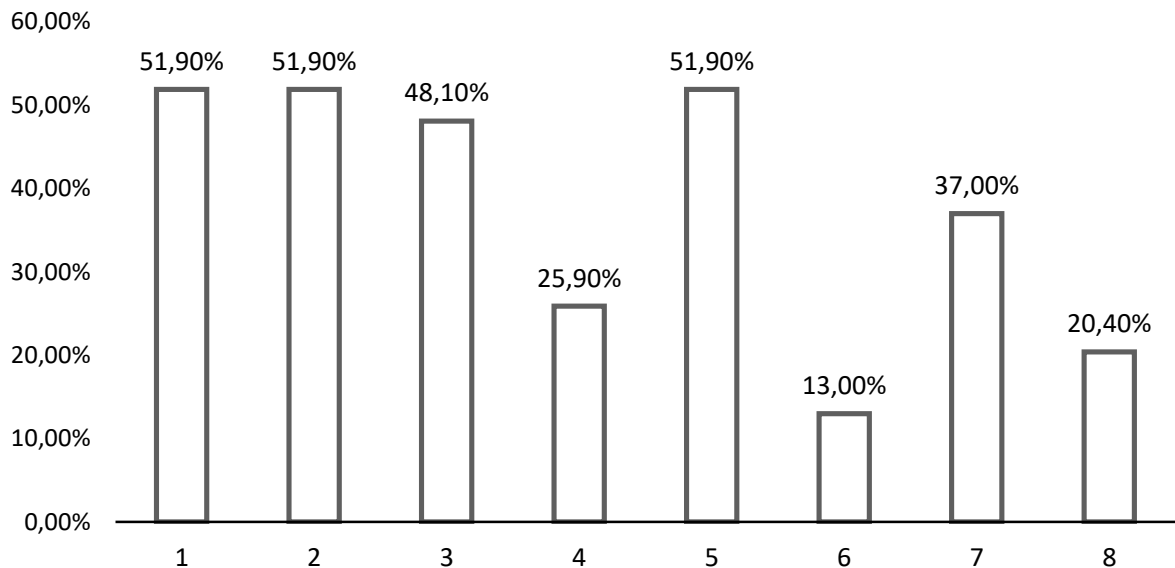


Рис. 3.7. Упровадження інноваційних педагогічних підходів за результатами відвідування спеціалізованих заходів

У розділі 5.2 наведено розширені результати цього опитування, що стосуються особливостей використання саме проектно орієнтованого навчання в практиці підготовки майбутніх інженерів.

3.2. Принципи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

З метою деталізації теоретичних засад концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання ми звернулися до *принципів навчання у вищій школі*, які визначаються цілями і завданнями навчання та впливають на вибір його форм і методів (Фіцула, 2010; Курлянд, Хмелюк, Семенова, Бартенєва, & Богданова, 2007; Курлянд, 2012; Кузьмінський, 2005; Кузьмінський & Омеляненко, 2006). Зміст принципів пов'язаний з основними інваріантними вимогами до освітнього процесу, а їх дотримання забезпечує реалізацію завершеного циклу освітньої діяльності від визначення мети до моніторингу отриманих результатів.

Загальнодидактичні (загальнонаукові) принципи є спільними для організації освітнього процесу незалежно від освітнього ступеня. До загальнонаукових принципів навчання у сучасній дидактиці належать такі:

- науковості;
- систематичності та послідовності;
- доступності навчання та врахування індивідуальних особливостей;
- зв'язку навчання з практичною діяльністю і реаліями життя;
- свідомості;
- самостійності й активності навчання;
- наочності;
- ґрунтовності;
- емоційності навчання.

У випадку професійної освіти до загальнодидактичних принципів додаються так звані специфічні принципи навчання, серед яких (Фіцула, 2010):

- єдності наукової й навчальної діяльності;
- участі студентів у дослідницькій роботі;
- органічної єдності теоретичної й практичної підготовки студентів;
- урахування особистих можливостей студентів;
- спільної діяльності та взаємодії викладача і студента;
- професійної спрямованості навчально-пізнавальної діяльності.

Низкою авторів запропоновано дещо інший підхід до виокремлення групи специфічних принципів навчання (Курлянд, Хмелюк, Семенова, Бартенева, & Богданова, 2007; Туркот, 2011). Запропонований перелік містить принципи:

- орієнтованості вищої освіти на розвиток особистості майбутнього фахівця;
- відповідності змісту вищої освіти сучасним та прогнозованим тенденціям розвитку науки, техніки і виробництва;
- забезпечення неперервної освіти, інформатизації, технічної та технологічної забезпеченості освітнього процесу;

- оптимального співвідношення загальних, групових та індивідуальних форм організації навчального процесу в ЗВО;
- відповідності результатів підготовки спеціалістів вимогам, що висуваються конкретною сферою їхньої професійної діяльності, забезпечення їх конкурентоспроможності;
- раціонального застосування сучасних методів та засобів навчання на різних етапах підготовки фахівців.

Наголосимо, що серед дослідників немає цілковитої одностайності щодо кількості специфічних принципів навчання, способів їх формулювання та тлумачення. Така ситуація зумовлена внутрішніми чинниками, до яких належить постійний розвиток досліджень у сфері дидактики, й зовнішніми, коли принципи навчання видозмінюються, оскільки змінюються вимоги до освітнього процесу. Тому, на нашу думку, доцільно також звернутися до принципів, що зумовлюються особливою природою системи професійної підготовки в системі вищої освіти:

- принцип професійної спрямованості (А. Барабанщиков, В. Биков, В. Сергієнко та ін.);
- принцип фундаменталізації (С. Гончаренко, Г. Дутка, В. Кондратьєв, Е. Лузік, С. Семеріков, О. Субетто, М. Читалін та ін.);
- принцип професійної мобільності (Ю. Кисельов, В. Лісцин та ін.).

Зважаючи на значний обсяг переліку принципів навчання у вищій школі та принципів розвитку професійної освіти, а також наявність перетинів за окремими позиціями, вважаємо за доцільне деталізувати їх та запропонувати певні узагальнені принципи, спрямовані на дотримання наведених вище факторів.

Принцип орієнтації на професійну інженерну діяльність, тлумачення якого узгоджується з CDIO-принципом провадження інженерної освіти в контексті реальної інженерної практики. Запропонований принцип орієнтації на професійну інженерну діяльність підсилюється принципами органічної єдності теоретичної й практичної підготовки студентів (зв'язку навчання з практичною діяльністю і реаліями життя).

Проаналізувавши праці дослідників різних країн як умови реалізації принципу орієнтації на професійну інженерну діяльність, ми виділяємо такі принципи (Похолков, 2012; Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014):

- конкретизація завдань освітньої програми з урахуванням компетентнісного підходу та програмових результатів навчання за відповідним профілем підготовки, включаючи план інтеграції фахових та загальних компетентностей, причому до їх визначення мають залучатися всі зацікавлені сторони (роботодавці, викладачі, управлінці, студенти);

- модернізація освітніх програм шляхом додавання видів навчальної діяльності (проектів), спрямованих на вирішення інженерних проблем та реалізацію проектів реального світу;

- модернізація освітніх програм таким чином, щоб навчальні плани містили взаємозв'язки як між навчальними дисциплінами, так і між навчальними дисциплінами й іншими видами навчальної діяльності студентів (проектами), розвиток міждисциплінарних підходів;

- розроблення програмових результатів навчання для різних видів навчальної діяльності та ефективної системи їх оцінювання;

- використання орієнтованих на практику педагогічних технологій, що ґрунтуються на використанні методології проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання;

- упровадження колективних методів роботи студентів на засадах гнучкої методології управління проектами;

- системна розбудова інфраструктури для організації проектної діяльності студентів (робочого місця студента), що сприятиме розвитку практичних навичок роботи з обладнанням і програмним забезпеченням та відповідатиме ідеям самоспрямованого навчання;

- залучення представників роботодавців до підготовки майбутніх інженерів як консультантів студентських проектів.

Утілення на практиці принципу **орієнтації на професійну інженерну діяльність** несуперечливо пов'язане з дотриманням дидактичного принципу

системності й послідовності, який передбачає в реалізації змісту навчання, використанні технологій, методів та форм організації орієнтування на попередньо засвоєний матеріал та створює фундамент для засвоєння наступних знань (Курлянд, 2012). Відповідно до трактування, наведеного вище, основна увага зосереджується на змістовому наповненні, тоді як, на нашу думку, послідовно та систематично мають формуватися та розвиватися не лише фахові компетентності, а й загальні (інструментальні, міжособистісні та системні).

Прикладом такого системного та послідовного розвитку є впровадження студентських проектів на всіх курсах навчання з їх поступовим ускладненням і делегуванням студентам дедалі більшої відповідальності за реалізацію проектів; перехід від сильноструктурованих проблем до слабкоструктурованих, що не мають наперед відомого вирішення; від монодисциплінарних до міждисциплінарних (мульти-, інтер-); від команд, що об'єднують студентів однієї спеціальності, до команд з представниками різних галузей чи команд, керівництво якими здійснюють викладачі з різних спеціальностей тощо. Таким чином, забезпечуватиметься професійна підготовка в умовах інтеграції природничо-наукових, математичних та професійних знань.

Умовою реалізації принципу системності й послідовності є впровадження гібридного навчання, коли в кожному семестрі заняття, що проводяться у традиційній формі й забезпечують системне та послідовне формування знань з дисциплін природничо-наукового та професійного циклів, обов'язково поєднуються з проектною діяльністю, на яку відведено певний обсяг кредитів.

У рамках нашого дослідження особлива роль відводиться **принципу фундаменталізації**. Як було зазначено вище, протягом багатьох років у системі підготовки майбутніх інженерів переважало трактування фундаментальності як зосередженості на поглибленому вивченні дисциплін природничо-математичного циклу. Однак таке тлумачення й використання принципу фундаменталізації не убезпечило від проблем з надмірною теоретизацією процесу підготовки майбутніх інженерів, що суперечить практичній природі інженерної діяльності та специфіці її

провадження, пов'язаній з дотриманням ідей сталого розвитку, урахуванням соціальних, економічних та гуманітарних чинників.

На нашу думку, дискусії, що тривають навколо трактування терміна «фундаментальність», значною мірою відображають таке тривале протистояння двох підходів до змісту професійної підготовки майбутніх інженерів. Класичним побажанням представників традиційного погляду на фундаментальність (як на фундаментальність наукових знань) й обов'язковою умовою модернізації освітніх програм вважається збільшення обсягу та ролі дисциплін загальнонаукового циклу (фізики, математики, хімії тощо). Однак, як зазначає С. Гончаренко (2006), бурхливий розвиток науки і техніки спричинив лавиноподібне зростання знань, що, своєю чергою, привело до вичерпання ресурсів екстенсивного розвитку професійної освіти. З іншого боку, надмірна прагматизація професійної освіти приводить до звуження засад, на яких має здійснюватися підготовка майбутніх фахівців в умовах сучасності, що суперечить принципам «зеленої» інженерії та ідеям освіти для сталого розвитку. Таким чином, завданням є взаємно несуперечливе використання принципів орієнтації на професійну інженерну діяльність та фундаменталізації.

Г. Дутка стверджує, що сутність принципу фундаментальності розкривається через наведені далі положення, що узагальнюють наявні підходи до трактування фундаментальності знань (Дутка, 2006, с. 31):

- «фундаментальність наукового знання не зводиться до науково-раціонального знання, вона припускає й наукову інтуїцію;
- фундаментальне знання – це знання, звернене до законів, за якими функціонує і розвивається світ поза людиною і світ усередині людини;
- фундаментальність знань означає їх універсальність, спрямованість на сприйняття світу як цілого; холістичність системи знання є найважливішим критерієм його фундаментальності».

У дослідженнях М. Ковтонюк виділено три групи критеріїв відбору фундаментального змісту для системи підготовки майбутніх учителів: внутрішні, зовнішні та критерії міждисциплінарних зав'язків (Ковтонюк, 2012).

Уважаємо, що запропонований підхід доцільно поширити й на випадок інженерної освіти.

До внутрішніх критеріїв відбору ми віднесемо:

- відповідність обсягу змісту наявному часу на вивчення дисципліни;
- високу наукову і практичну значущість змісту освітнього матеріалу, введеного до кожної, окремо взятої навчальної дисципліни, систему навчальних дисциплін і видів діяльності студентів.

Зовнішні критерії:

- відповідність вимогам, що їх диктує сучасний світ стосовно провадження інженерної діяльності;
- урахування міжнародного досвіду побудови змісту професійної підготовки майбутніх інженерів;
- відповідність змісту рівню технічного й програмного оснащення робочих місць студентів;
- зв'язок навчальної дисципліни і студентських проектів з дисциплінами циклів математичної, природничо-наукової, професійної та соціально-гуманітарної підготовки.

Уведення критерію міждисциплінарних зв'язків та постдисциплінарного синтезу зумовлено необхідністю формування у студентів інженерних спеціальностей цілісної системи знань (Курок, 2015а; Курок, 2015б).

Реалізація принципу орієнтації на професійну інженерну діяльність пов'язана також із забезпечення умов реалізації принципу **професійної спрямованості**, який традиційно вважається одним з основних для системи професійної освіти. Професійна спрямованість може розглядатися крізь призму ставлення особистості до обраного фаху, як професійне спрямування загальної освіти та як збагачення професійної підготовки технічними й соціальними аспектами, що приводить до вирізнення різними дослідниками таких понять, як *«професійна спрямованість»*, *«професійна спрямованість особистості»*, *«професійна спрямованість навчання»*, *«професійна спрямованість навчання фундаментальних дисциплін»* (Туриця, 2013).

Професійну спрямованість особистості Л. Сподін визначає як «складний комплекс психічних властивостей і станів, що спонукає до навчальної і виробничої діяльності та обумовлює професійний вибір, процес оволодіння професією, самореалізацію в ній і характеризується мотивами вибору професії та вищого закладу освіти, інтересами та нахилами до майбутньої професійної діяльності, професійними намірами, ціннісними орієнтаціями, пов'язаними з майбутньою професійною діяльністю, стійким позитивним ставленням до професії, усвідомленням професійного самовизначення, самооцінкою професійних здібностей, інформованістю про зміст професії й умови професійної діяльності» (Сподін, 2001, с. 6).

Дотримання принципу професійної спрямованості є важливим засобом розвитку в майбутнього фахівця інтересу до професійної діяльності й оволодіння професією і, зрештою, формування готовності до самостійної професійної діяльності (Туриця, 2013). Зазначимо, що мова йде не про відокремлену професійну спрямованість навчання вищої математики, фізики чи іноземних мов, як це детально висвітлено в низці праць вітчизняних дослідників, а про підхід, який об'єднує всі елементи освітньої програми, у тому числі контекстуалізацію професійно орієнтованих дисциплін (Курок, 2015а). Упровадження принципу професійної спрямованості вимагає вдосконалення змістових і процесуальних компонентів освітніх програм у контексті їх спрямованості на розвиток мотиваційно-вольового компонента професійної компетентності.

В умовах долучення України до світового освітнього простору, а українських випускників до світового ринку праці важливістю набуває **принцип професійної мобільності**, який передбачає швидке засвоєння нових видів діяльності та оновлення вже відомих у контексті адаптації професійної підготовки майбутніх інженерів до змін, що виникають у професії та в суспільстві загалом. Указаний принцип пов'язаний зі здатністю студентів до самонавчання та розумінням цінності освіти впродовж життя.

3.3. Організаційно-педагогічні умови професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Реалізація в освітньому процесі визначених та обґрунтованих педагогічних умов є запорукою забезпечення ефективності професійної підготовки майбутніх інженерів. У тлумачному словнику української мови поняття «умова» трактується як «необхідна обставина, яка робить можливим здійснення, створення, утворення чого-небудь або сприяє чомусь» (Бусел, 2005). Як філософське поняття, умова визначається як категорія, у якій відображено відношення сутності до тих зовнішніх факторів, завдяки яким вона виникає й існує (Шинкарук, 1986, с. 703).

Педагогічні умови розглядаються вітчизняними та зарубіжними науковцями як певні обставини, чинники, що впливають на процес досягнення мети (Алексюк, Аюрзанайн, & Підкасистий, 1993). У праці О. Пехоти педагогічні умови розглядаються як система форм, методів, матеріальних умов, реальних ситуацій, що об'єктивно склалися чи були створені суб'єктивно і є необхідними для досягнення визначеної педагогічної мети (Пехота, 2003). Подібним є трактування, запропоноване С. Висоцьким (1999): він трактує педагогічні умови як сукупність об'єктивних можливостей змісту, методів, організаційних форм і матеріальних можливостей провадження освітнього процесу .

Зовнішні чинники пов'язані з забезпеченням позитивних стосунків між викладачами і студентами, об'єктивністю й прозорістю оцінювання досягнень студентів, облаштуванням навчального простору, а внутрішні – з індивідуальними особливостями студентів (Алексюк, Аюрзанайн, & Підкасистий, 1993; Тверезовська & Філіппова, 2009). Результативність освітнього процесу забезпечується поєднанням взаємопов'язаної сукупності внутрішніх параметрів і зовнішніх характеристик функціонування (Манько, 2000).

У дослідженні А. Литвина пропонується ряд положень, що розкривають сутність та структуру педагогічних умов (Литвин, 2014, с. 21):

– педагогічні умови є компонентом освітньої системи й освітнього процесу загалом;

- педагогічні умови відображають сукупність можливостей освітнього середовища (зміст, методи, прийоми і форми навчання та виховання, програмно-методичне забезпечення освітнього процесу) і матеріально-просторового середовища (навчальне та технічне забезпечення тощо);
- структура педагогічних умов охоплює внутрішні та зовнішні елементи;
- запорукою ефективного функціонування та сталого розвитку педагогічної системи, якості та ефективності освітнього процесу є належне обґрунтування педагогічних умов.

З огляду на вищесказане у нашому дослідженні будемо трактувати педагогічні умови як сукупність обґрунтованих аспектів освітнього процесу, що стосуються змісту, методів, організаційних форм і матеріальних можливостей, дотримання яких забезпечує успішне досягнення визначеної мети.

У працях вітчизняних та зарубіжних дослідників виділяють декілька категорій педагогічних умов, що характеризують інноваційність освітнього середовища: психолого-педагогічні, організаційно-педагогічні та соціально-педагогічні (Марцева, 2015). Психолого-педагогічні умови стосуються готовності викладачів до впровадження інноваційних педагогічних технологій, їх відкритості до сучасних освітніх тенденцій тощо. Соціально-педагогічні умови визначаються, з одного боку, рівнем суспільних потреб у модернізації системи професійної підготовки, а з іншого – традиціями освітньої системи (Коновальчук, 2011). Організаційно-педагогічні умови трактуються як комплекс необхідних і достатніх заходів, спрямованих на створення максимально сприятливого освітнього середовища. Без дотримання необхідних умов функціонування система не зможе працювати для досягнення визначеної мети; достатні умови дозволяють зробити функціонування системи максимально повноцінним (Литвин, 2014).

На нашу думку, соціально-педагогічні та психолого-педагогічні умови можна віднести до категорії універсальних – необхідних для всіх освітніх систем незалежно від специфіки професійної сфери. Відповідно, ми зосередимо увагу на специфічних – організаційно-педагогічних – умовах, значущих саме для системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого

навчання. З метою їх деталізації звернімося до методологічних підходів, описаних у підрозділах 2.3 і 2.4, а саме компетентнісного, діяльнісного, особистісно орієнтованого та ін. Запропоновані умови мають структуру, наведену на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Структура організаційно-педагогічних умов

Відповідно, перша педагогічна умова – **модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу (компетентнісний аспект)** – безпосередньо пов'язана з необхідністю переходу від освітніх програм, орієнтованих на вхід (на знання), до освітніх програм, орієнтованих на результат, що передбачає розроблення для компонентів освітньої програми детальних і вимірюваних програмових результатів, виражених у термінах компетентностей. Освітні компоненти трактуються як самодостатні й формально структуровані частини освітньої програми (Захарченко, та ін., 2014). Для освітніх програм, спрямованих на результат, особливого значення набуває визначення профілю програми відповідно до економічних й академічних потреб.

Розроблення програмових результатів є ієрархічним процесом, де програмові результати найвищого рівня відображено в Стандарті вищої освіти України для відповідної спеціальності (15–20 тверджень), а на наступних рівнях перебувають взаємоузгоджені програмові результати для окремих навчальних дисциплін і видів діяльності студентів. Дотримання наведеної вище умови забезпечить системність і цілеспрямованість освітнього процесу. Компетентності, що теж визначаються в процесі розроблення освітніх програм, набуваються студентами поступово. Вони формуються низкою навчальних дисциплін чи інших видів навчальної діяльності.

У проекті Tuning пропонується подавати не більше шести–восьми компетентностей до переліку програмових результатів навчання для однієї дисципліни чи виду навчальної діяльності. Надалі ми пропонуємо розширити запропоновану в рамках проекту Tuning концепцію розроблення освітніх програм

для системи професійної підготовки майбутніх інженерів у рамках певного освітнього профілю (рис. 3.9).

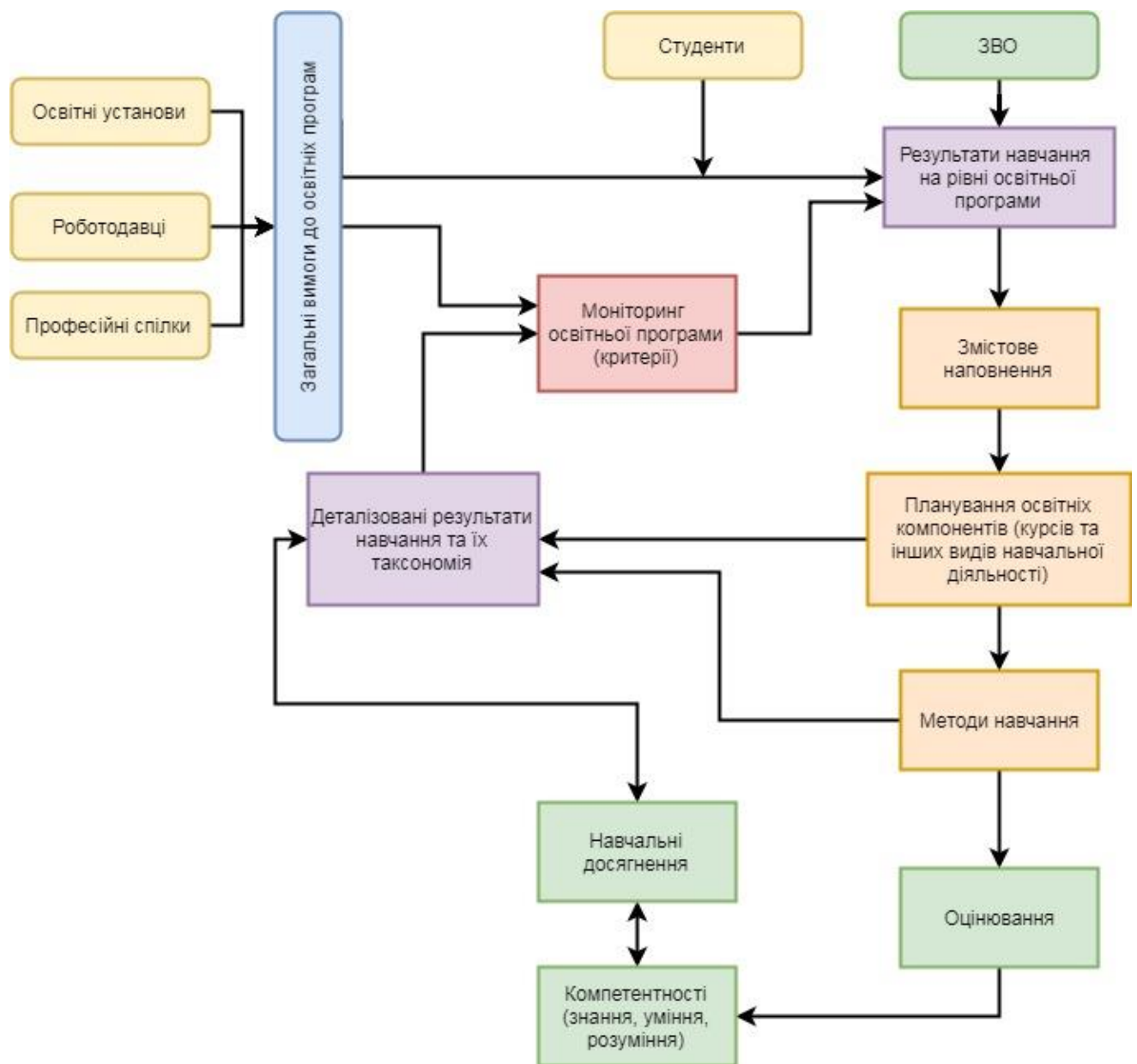


Рис. 3.9. Моделі розроблення та функціонування орієнтованої на результат освітньої програми

У своєму поєднанні програмові результати освітньої програми загалом та освітніх компонентів зокрема мають утворювати логічну, взаємоузгоджену структуру, коли програмові результати для традиційних курсів та проектів, що реалізуються протягом семестру, інтегруються і спрямовуються на спільну мету. Важливо, що узгодженість програмових результатів різних освітніх компонентів має спричиняти підсилення їх ефективності саме за умови їх спільного

використання. При цьому традиційні дисципліни відповідатимуть переважно за формування фахових компетентностей (наприклад, знання та розуміння ключових математичних і наукових принципів у сфері автоматизації), а проектна діяльність створюватиме специфічний, професійно орієнтований контекст, що відповідатиме за формування загальних компетентностей (робота в команді, планування тощо).

У процесі розроблення чи модернізації освітніх програм слід зосередити увагу на таких аспектах:

- неостаточний характер пропонованої освітньої програми, що виражається в забезпеченні її постійного моніторингу та впровадженні змін до її освітніх компонентів;
- визначення програмових результатів навчання у термінах загальних і фахових компетентностей та розроблення системи оцінювання не лише знань, але й компетентностей;
- диверсифікація видів навчальної діяльності студентів (проектна діяльність, кейс-методи, квазіпрофесійна діяльність тощо) та визначення відповідних результатів навчання.

Відповідно до Стандартів та рекомендацій щодо забезпечення якості в Європейському просторі освіти студенти мають бути ознайомлені з наявними методами оцінювання, критеріями та методами, які мають оприлюднюватися заздалегідь. За можливості, оцінювання результатів навчальної діяльності проводиться більше як одним екзаменатором (ЕНЕА, 2015).

Друга організаційно-педагогічна умова – **системне перетворення змісту освітніх програм підготовки майбутніх інженерів (змістовий аспект)** – органічно пов'язана з попередньою.

У сучасних умовах можуть діяти деякі загальновизнані стандарти для результатів навчання та кваліфікаційних профілів, але шлях, який обирається в рамках певної освітньої програми для їх досягнення, може й має бути оригінальним, обраним відповідно до проголошеної автономії закладів вищої освіти та творчої свободи, що є невід'ємною складовою педагогічної діяльності. Таким чином, постає запитання про можливість розроблення загальноприйнятних

вимог до змістового наповнення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів за умов розроблення загальноприйнятих вимог і до результатів навчання. Позитивна відповідь на це запитання відповідає традиційному підходу, відповідно до якого освітні програми є орієнтованими на викладачів, тобто на вхідні вимоги. При цьому для інженерних дисциплін критичним може бути стрімкий розвиток наукових та технологічних знань. Відповідно, фіксація деталізованого змістового наповнення є складним й недоречним завданням (Maffioli & Augusti, 2003).

Найоптимальнішим, на нашу думку, видається поєднання компетентнісного підходу до розроблення освітніх програм, що ґрунтується на побудові програмових результатів навчання, та орієнтованого на вхід підходу щодо визначення змістового наповнення освітньої програми. Прикладом є запропонований Німецьким акредитаційним агентством розподіл дисциплін природничо-математичного, професійного та наукового циклів для студентів інженерних спеціальностей, наведений на рис. 3.10 (Maffioli & Augusti, 2003, p. 260).

Таким чином, у більшості європейських підходів визначення ключових компонентів освітньої програми та змістового наповнення має тенденцію до деталізації та врахування особливостей підготовки в різних циклах та для різних освітніх програм (професійно чи науково орієнтованих).



Рис. 3.10. Орієнтовний розподіл освітніх компонентів для програми підготовки майбутніх інженерів

Змістовий аспект організаційно-педагогічних умов пов'язаний також з переструктуруванням навчальної інформації, розбудовою розвинутих

міждисциплінарних зв'язків та зв'язків між теорією і практикою, узгодженням змістового наповнення дисциплін та тематики проектної діяльності студентів.

Третя умова – **утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності студентів (пізнавальний аспект)** – пов'язана з дотриманням умов щодо вибору проблемних завдань, що відповідають контексту освітньої програми та ґрунтуються на поточному досвіді студентів. Звертаючись до ідей Д. Дьюї в контексті сучасних поглядів на пізнавальну діяльність, можна стверджувати, що орієнтація проектів на вирішення проблем пов'язана з розвитком у студентів метакогнітивних здатностей, що передбачають індуктивне вирішення нових завдань у контексті попереднього досвіду. Відбувається накопичення інформації про попередні приклади, яка може використовуватися для подальшого вирішення проблем на основі ідентифікації подібності або пошуку релевантних даних для цього (Helle et al., 2006).

Критеріями відбору проблем для проектів різних рівнів складності є:

- складність (кількість запитань, функцій чи змінних, що визначають суть проблеми);
- структурованість (міра визначеності окремих елементів проблеми та супровідної інформації, критеріїв оцінювання знайдених рішень, невизначеність у сенсі концепцій, принципів і знань);
- предметна сфера (критерій, що накладає обмеження на стратегії вирішення проблем).
- контекст (міра абстрактності проблеми);
- динамічність (критерій, що визначає, як змінюються з часом елементи, фактори та змінні, що визначають суть проблеми);
- відкритість (наявність відомого наперед вирішення проблеми).

Тривалість проекту має відповідати складності проблеми та враховувати вимоги графіка освітнього процесу.

Четверта умова – **організація проектної діяльності студентів у групах (організаційний аспект)** – пов'язана як із забезпеченням психолого-педагогічних принципів соціального конструктивізму, які детально висвітлені в підрозділі 3.1,

так і з наближенням освітніх умов до реалій інженерії, основою якої є проектна діяльність різних типів.

В україномовній термінологічній традиції оперують трьома різними термінами, складовою лексичного значення яких є «проект». Ще раз звернімося до них, сформувавши принципову для нашого дослідження ієрархію:

- інженерне проектування (*engineering design*) – основоположна складова інженерної діяльності, яка полягає у створенні опису ще не існуючої сутності і/або практичному її втіленні відповідно до визначеного набору вимог і обмежень;

- проектно орієнтоване навчання (*project-based learning*) – інноваційна педагогічна технологія, за умов використання якої досягнення педагогічних цілей відбувається шляхом вирішення проблем;

- управління проектами, проектна діяльність (*project management*) – скоординована діяльність, пов'язана із задумом та реалізацією найширшого спектру завдань – від побутових до світового масштабу, що передбачає спрямованість на досягнення певної мети й відбувається в умовах обмеженості часу й ресурсів.

Відповідно до запропонованої ієрархії провадження професійної підготовки майбутніх інженерів відбувається наступним чином: з метою контекстуалізації освітнього процесу та розвитку фахових компетентностей у сфері інженерного проектування умовою професійної підготовки обираємо проектно орієнтоване навчання, причому реалізація колективних студентських проектів спричиняє опосередковане формування компетентностей, пов'язаних з управлінням проектами, управлінням часом, здатністю працювати в моно- та міждисциплінарних колективах, тощо.

Вищесказане є суголосним до ідей О. Романовського, який вважає, що зміст освіти інженера має визначатися поєднанням загальноінженерних і галузевих дисциплін із спеціальною управлінською підготовкою (Романовський, 2001).

Виконання цієї умови має забезпечуватися, зокрема, упровадженням в організаційну практику сучасних підходів до управління проектами, відповідно до

яких інженері об'єкти, процеси та системи різних рівнів складності проектуються та реалізуються з використанням ітераційних процедур.

Протягом багатьох років опис проектів і власне проектування об'єктів, процесів і систем здійснювалося з використанням каскадної моделі (моделі «водоспаду», *waterfall model*) життєвого циклу з виділенням послідовних етапів, що, як правило, притаманні всім проектам: формулювання проекту; планування; здійснення; завершення. Істотним недоліком такої моделі є її негнучкість, адже у процесі розроблення з'являється додаткова інформація, що впливає на вимоги до розробки, та можуть змінюватися зовнішні умови її функціонування.

Наразі щодалі активніше поширюються ітераційні підходи до планування та виконання проекту (так звані, еджайл-методи, *agile*), що ґрунтуються на підтриманні постійного зв'язку із замовником, що приводить до циклічного нарощування функціональності і вдосконалення продукту (Демиденко, 2017).

Однією з найпоширеніших сучасних методологій управління проектами є Scrum. Серед аспектів Scrum, що роблять цю методологію винятково зручною для організації проектної роботи саме студентських команд, виділимо:

- проекти реалізуються невеликими за складом багатофункціональними командами, що самоорганізуються у ході виконання проекту;
- завдання з реалізації проекту розподіляться на визначені невеликі задачі, які впорядковуються за важливістю;
- час, відведений на виконання проекту, розподіляється на короткі проміжки фіксованої довжини (спринти);
- кожна ітерація завершується представленням проміжних результатів;
- план виконання проекту аналізується та оптимізується на основі опрацювання отриманих результатів.

Упровадження сучасних технологій роботи в команді є позитивним фактором у сенсі контекстуалізації освітнього процесу.

П'ята умова – **вибір та впровадження сучасного ПЗ широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час**

вирішення завдань проекту, так і для його організації (технологічний аспект).

Вирішення такого завдання має здійснюватися відповідно до стандартів та рекомендацій Європейського простору вищої освіти (ЕНЕА, 2015), які передбачають, зокрема, належне забезпечення студентів адекватними та легкодоступними навчальними ресурсами. Запропонована умова частково ґрунтується на ідеї інформатизації освіти, що, на думку В. Бикова, трактується як множина науково-технічних, організаційно-правових, навчально-методичних, виробничих, соціально-економічних, управлінських процесів, що взаємно спрямовані на задоволення інформаційних, обчислювальних, телекомунікаційних потреб осіб, що навчаються та навчають (Биков, 2008).

На нашу думку, інформатизація освіти є універсальною умовою, що діє незалежно від профілю підготовки і виражається у створенні нового типу навчального середовища – інформаційно-освітнього. До основних характеристик такого середовища відносять: наявність системи засобів спілкування; наявність засобів самостійної роботи з інформацією; наявність інтенсивного спілкування між учасниками освітнього процесу (Галета, 2012). Елементом наразі вже типового системного методичного супроводу навчальної діяльності студентів у групах є використання сучасних динамічних навчальних середовищ (Moodle, Google Classroom тощо). Використання таких систем спрямоване на створення інформаційно-освітніх середовищ, в яких інформація створюється та поширюється всіма учасниками освітнього процесу (викладачами та студентами), а робота з нею здійснюється в інтерактивному режимі.

Поряд з цим специфіка підготовки майбутніх інженерів до проектної діяльності в професійній практиці вимагає розширення спектру програмного забезпечення, що використовується, адже побудова систем управління проектом неможлива без інструментів, які дозволяють оптимально розподіляти час, завдання, ресурси, правильно налаштовувати бізнес-процеси. Основу програмного забезпечення будь-якої автоматизованої системи управління проектами становлять спеціалізовані пакети програм різних рівнів складності (Microsoft Project, Visual Paradigm, Active Collab, Aglio for Scrum та ін.).

Використання програмних продуктів, які одночасно є засобами методичного супроводу навчання та інструментами, які використовують студенти у процесі виконання оригінальних проектних завдань, сприяє прямому та опосередкованому формуванню в них здатності обирати та використовувати відповідне обладнання, інструменти й методи з метою вирішення інженерних проблем.

Серед програмного забезпечення інженерного та наукового призначення особливе місце посідають програмні продукти компанії National Instruments (NI, 2017), що в поєднанні утворюють надзвичайно потужний комплекс, який дозволяє в єдиному циклі розробляти системи управління апаратними системами та обробляти отримані дані різними способами. Технологія віртуальних приладів стала революційною концепцією, що змінила підходи до методик проведення вимірювань та розроблення систем автоматизації. Основу її заклала компанія National Instruments у 1986 році, коли Джефрі Кодоскі було створено графічну мову програмування – основу LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench), що сприяла масовому розвитку та поширенню концепції віртуальних приладів, завдяки чому інженери отримали можливість автоматизувати роботу з приладами (Larsen, 2011).

Компанія National Instruments активно співпрацює з навчальними закладами та професійними спілками інженерів з усього світу. У фундаментальній науці LabVIEW використовують такі передові центри, як CERN, Lawrence Livermore, Batelle, Oak Ridge, у інженерній практиці – об'єкти космічного, повітряного, надводного та підводного флотів, промислові підприємства. Протягом багатьох років компанія National Instruments співпрацює з Європейським товариством з інженерної освіти (SEFI). Таким чином, використання визнаного на світовому рівні програмного забезпечення є важливим елементом підготовки студентів інженерних спеціальностей, що сприяє розвитку академічної мобільності студентів, а також формує для них можливість участі у проектах та конкурсах студентських розробок, проходження академічного стажування в університетах різних країн.

Протягом останніх майже тридцяти років графічний метод розроблення інженерних додатків, реалізований у LabVIEW, довів свою ефективність у багатьох

галузях вимірювальної та випробувальної техніки. За спектром можливостей, що надаються дослідникам, це середовище є винятковим. Важливою рисою, що визначає зручність його застосування спеціалістами, що не є програмістами в традиційному розумінні, є можливість у єдиному неперервному циклі розробляти системи управління реальними експериментальними установками та обробляти отримані дані, використовуючи їх, наприклад, як масиви вхідної інформації для подальшого комп'ютерного моделювання процесів та явищ. Завдяки універсальній графічній мові створення програмного забезпечення та модулів управління пристроями LabVIEW є комплексною багатофункціональною системою автоматизації наукових досліджень (Луценко & Луценко, 2009).

Середовище графічного програмування LabVIEW з його системою простих та наочних віртуальних інструментів може бути ефективно використане в освітньому процесі, зокрема для проведення демонстраційних експериментів, моделювання явищ природи та розроблення лабораторних робіт, що реалізуються студентами інженерних спеціальностей (Lauterburg, 1998; Прибылов, Прибылова, & Прищепова, 2009). При навчанні фундаментальних дисциплін представлення базових теорій під час лекцій усе ще залишається складовою освітнього процесу. Оскільки природничі науки закладають фундаментальне розуміння процесів, яким підкоряється природа, важливо показувати демонстраційні експерименти як доказ того, що основні теорії, представлені словесно й за допомогою формул, працюють у реальному світі. Використання середовища LabVIEW як ефективного засобу реалізації демонстраційних експериментів ґрунтується на таких міркуваннях: LabVIEW забезпечує невідкладне виконання вимірювань під час експерименту, має зручний дружній інтерфейс і може використовуватися з різним апаратним забезпеченням. На базі LabView можна розробляти автоматизовані системи збору даних, оскільки це середовище містить інструменти для роботи з портами та шинами комп'ютера (COM, GPIB, USB), а за допомогою пакету VISA дослідник може генерувати драйвери для апаратних компонентів.

Ще однією важливою сферою застосування віртуальних експериментів є моделювання фізичних і технологічних процесів. Дійсно, надзвичайно складно

представити процеси, що протікають дуже швидко або за спеціальних умов, під час проведення занять зі студентами. Застосування LabVIEW може сформувати краще розуміння досліджених процесів, зокрема коли студент, що вивчає конкретне явище, має можливість самостійно змінювати параметри процесу, переходячи від споглядання до активної форми проведення експериментального дослідження (Луценко, Луценко, & Корнієнко, 2013; Луценко & Луценко, 2013). Звичайно, хоча моделювання об'єктів та процесів на комп'ютері ніколи не замінить дійсні експерименти, існує чимало ситуацій, коли саме моделювання є найоптимальнішим підходом, серед них такі (Луценко & Луценко, 2008):

- порівняння розрахунків, виконаних у рамках комп'ютерної моделі з даними реальних експериментів;
- моделювання у режимі реального часу процесів, що вимагають статистичних обчислень;
- візуалізація процесів, що дуже швидко протікають у реальних умовах;
- доступність для студентів роботи в інтерактивному режимі.

Під час розроблення віртуальних лабораторних практикумів слід дотримуватися виконання низки вимог, а саме: робоче місце студентів має надавати можливість для діяльності творчого і/або дослідницького характеру. Частково така можливість виникає за рахунок того, що роботу з графічними пакетами легко опанувати не тільки програмістам-професіоналам, але і користувачам, що не мають значного досвіду програмування. З одного боку, сучасні графічні системи дозволяють створювати програми, що практично не поступаються за ефективністю програмам, написаним з використанням текстових пакетів. З іншого – у більшості випадків графічні програми є більш наочними, їх легше модифікувати та налаштовувати у ході виконання проектного завдання. Беззаперечною перевагою графічних систем програмування є те, що розробниками програм можуть бути особи, що відповідають і за постановку задач, а саме інженери та науковці (Луценко, Люта, & Фільченко, 2013).

3.4. Модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

У психолого-педагогічній літературі пропонуються різні підходи до представлення структури саме педагогічної системи, що логічно впливає з мультиаспектності її природи та сутності освітнього процесу загалом. Дослідники трактують освітній процес як цілісну науково-освітню систему, для якої характерні взаємозв'язок, єдність функціонування, внутрішня впорядкованість компонентів і специфічні відношення між ними (Прошкін, 2015).

У працях Н. Кузьміної виокремлено такі структурні компоненти: цілі системи, учні, педагоги, зміст навчальної інформації, засоби педагогічного спілкування. До функціональних компонентів належать гностичний, проектувальний, конструктивний, комунікативний та організаційний, що виникають у процесі функціонування системи й характеризують її в дії (Кузьміна, 1989). У дослідженнях В. Беспалька педагогічна система розглядається як сукупність взаємопов'язаних засобів, методів і процесів, необхідних для створення організованого, цілеспрямованого впливу на формування особистості (Беспалько, 1989). У свою чергу, С. Архангельський трактує систему освіти як сукупність змісту навчання, навчальної і наукової діяльності викладачів і студентів, засобів навчання, форм і методів навчання (Архангельський, 1980), а Г. Серіков указує, що освітня система охоплює узагальнені цілі освіти, суб'єктів освіти, їхню освітню діяльність, зв'язки між ними, освітні процеси та результати освіти (Серіков, 2002).

Інші дослідники, зокрема І. Підкасистий (Підкасистый, 1980) і В. Шадріков (Шадріков, 2002), основою педагогічної системи вважають змістовий, процесуальний (оперативний) і результативний аспекти. Змістовий аспект визначальний для трактування педагогічної системи як цілісного об'єкта. Процесуальний (оперативний) аспект пов'язаний з функціонуванням педагогічної системи. Його характеристиками є дидактичні, пізнавальні, керувальні, контрольні-корекційні процеси, процеси проектування, педагогічної взаємодії,

професійного вдосконалення викладача й динаміки особистісного розвитку системи. Результативний аспект пов'язаний з формуванням професійної готовності.

До сутнісних характеристик педагогічних систем належать (Прошкін, 2015):

1. Педагогічні системи є складними та динамічними. Вони функціонують в умовах зміни чинників зовнішнього середовища, а також внутрішніх станів системи, що викликані цими чинниками.

2. Педагогічні системи – це цілеспрямовані системи, які мають відносну незалежність від зовнішнього середовища.

3. Педагогічні системи – це системи, що постійно розвиваються в структурному, функціональному й історичному аспектах залежно від суспільних змін. Такі зміни мають характер упорядкування, що приводить до трактування педагогічних систем як систем, що самоорганізуються.

Незважаючи на відсутність уніфікованого підходу до опису педагогічних систем, більшість дослідників використовує мету, мотиви, зміст, діяльність і результат як компоненти, що є загальними (Луценко, 2018).

Процедура побудови систем вимагає дотримання низки правил, зокрема (Луценко, Гр., 2013):

1. Для повного опису системи чи стану її окремого компонента недостатньо володіти інформацією про характеристики окремих компонентів. Тільки компоненти, узяті разом, характеризують його стан.

2. Ролі компонентів еквівалентні, й кожна з них визначає спрямованість компонента на вирішення власних завдань.

3. Кожен компонент характеризує систему функціонально, але тільки зі свого боку.

4. Система не відокремлює, а з'єднує діючі компоненти для досягнення визначених цілей.

У дослідженні ми розглядаємо систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання як цілісне явище, взаємообумовлену сукупність підсистем, серед яких виділяють (Марцева, 2015):

- цільовий компонент – підвищення якості освітньої діяльності ЗВО, що має забезпечувати здобуття майбутніми інженерами якісної вищої освіти;
- змістовий компонент – оптимізація змісту інженерної освіти, що передбачає проектування навчальної інформації з виділенням інваріантної складової, добором значущих знань та, що важливо в сучасних умовах, критеріїв, відповідно до яких здійснюється такий добір;
- управлінський компонент – контроль та оптимізація організаційно-управлінського процесу проектної діяльності;
- технологічний компонент – педагогічна реалізація різних форм і методів освітнього процесу (наприклад, проблемно орієнтоване, модульне, контекстне навчання, колективні проекти, міждисциплінарні проекти, змішане навчання, імітаційне моделювання, портфоліо тощо);
- методичний компонент – модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів та підходів до розроблення і впровадження з дотриманням стандартів та рекомендацій ЄПВО.

У праці В. Прошкіна (2015) виділено також суб'єкт-об'єктний компонент (викладачі та студенти, їхня діяльність та взаємодія).

Поширеним загальнонауковим методом вивчення структурно та функціонально складних явищ є моделювання. Процес моделювання також є важливим елементом педагогічних досліджень, суть якого полягає у встановленні подібності явищ (аналогій), адекватності одного об'єкта іншому в певних відношеннях і на цій основі перетворення простішого за структурою і змістом об'єкта на модель складнішого (Гончаренко, 2008).

До основних класифікаційних ознак моделей віднесено (Кульчицький, 2015):

- спосіб реалізації;
- сферу застосування;
- часовий фактор;
- галузь знань.

За способом реалізації моделі поділяються на матеріальні, інформаційні та змішані. Матеріальні моделі використовуються для унаочнення об'єктів шляхом

побудови реальних об'єктів-копій. Інформаційні моделі не мають матеріального втілення й трактуються як теоретичний метод пізнання навколишньої дійсності, що описує властивості та стани речей, їх зв'язок із навколишнім світом. У змішаних моделях частина властивостей об'єкта реалізується фізично, а частина – інформаційно.

До основних функцій моделей відносять (Шинкарук, 2002):

- пояснювальну, що полягає в розкритті зв'язків між встановленими в процесі опису фактами, залежностями й вже відомими законами, теоріями, гіпотезами;
- описову, що полягає в систематизації емпіричних даних;
- прогностичну, спрямовану на виявлення нових, не відомих раніше властивостей і залежностей в об'єкті, що моделюється.

Педагогічне моделювання – це дослідження педагогічних об'єктів (явищ) за допомогою моделювання поняттєвих, процесуальних, структурно-змістових і концептуальних характеристик та окремих «сторін» навчально-виховного процесу в межах визначеного соціокультурного простору на загальноосвітньому, професійно орієнтованому або іншому рівнях (Лодатко, 2010а).

Можливості модельного підходу в контексті педагогічних досліджень обґрунтовано та апробовано в працях В. Бикова, О. Дахіна, В. Загвизинського, В. Краєвського, Є. Лодатка, В. Міхеєва та ін. Як зазначає В. Міхеєв, процес моделювання має три основні аспекти застосування (Михеев, 2006):

- психологічний, що дозволяє описувати різні аспекти навчальної та педагогічної діяльності, виявляючи психолого-педагогічні закономірності;
- загальнометодологічний, що дозволяє оцінювати зв'язки і відношення між характеристиками стану різних елементів навчально-виховного процесу на різних рівнях їх опису та вивчення;
- гносеологічний, за якого модель відіграє роль проміжного об'єкта в процесі пізнання педагогічного явища.

Серед основних принципів педагогічного моделювання виділяють: цілеспрямованість й підпорядкованість меті; конкретність, ієрархічну

обумовленість й узгодженість, наявність зворотного зв'язку (Лодатко, 2010б). Зазначимо, що створювана модель має узгоджено відображати структурні та функціональні аспекти, імітуючи внутрішню структуру (професійна підготовка майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання) з урахуванням динаміки освітнього процесу.

Загальні вимоги до педагогічних моделей є такими (Брюханова & Корольова, 2015):

- адекватність, що трактується як відповідність створюваної моделі вихідній реальній системі та урахуванню найважливіших якостей, зв'язків і характеристик;
- універсальність, що передбачає можливість застосування моделі до низки однотипних систем;
- точність, тобто міра збігу результатів, отриманих з використанням моделювання, та передбачуваних;
- економічність, тобто витрати на моделювання повинні узгоджуватися з вигодою, що отримується в процесі застосування моделі.

Сучасні підходи до моделювання послуговуються такими ідеями та властивостями об'єктно орієнтованого методу: абстрагування – виокремлення найсуттєвіших характеристик об'єкта, що вирізняють його серед інших; модульність – розкладання системи на модулі; ієрархічність – упорядкування абстракцій і розташування їх за рівнями. До ознак, за якими можна зробити висновок про те, наскільки вдалим було застосування абстрагування, Є. Лодатко виділяє (2010б): інформативність побудованої моделі, зручність її використання, несуперечність іншим педагогічним об'єктам системи, механізми управління перебігом освітнього процесу шляхом впливу на її окремі компоненти.

Побудована нами модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання відображає основні аспекти становлення професійної компетентності студентів інженерних спеціальностей (рис. 3.11).

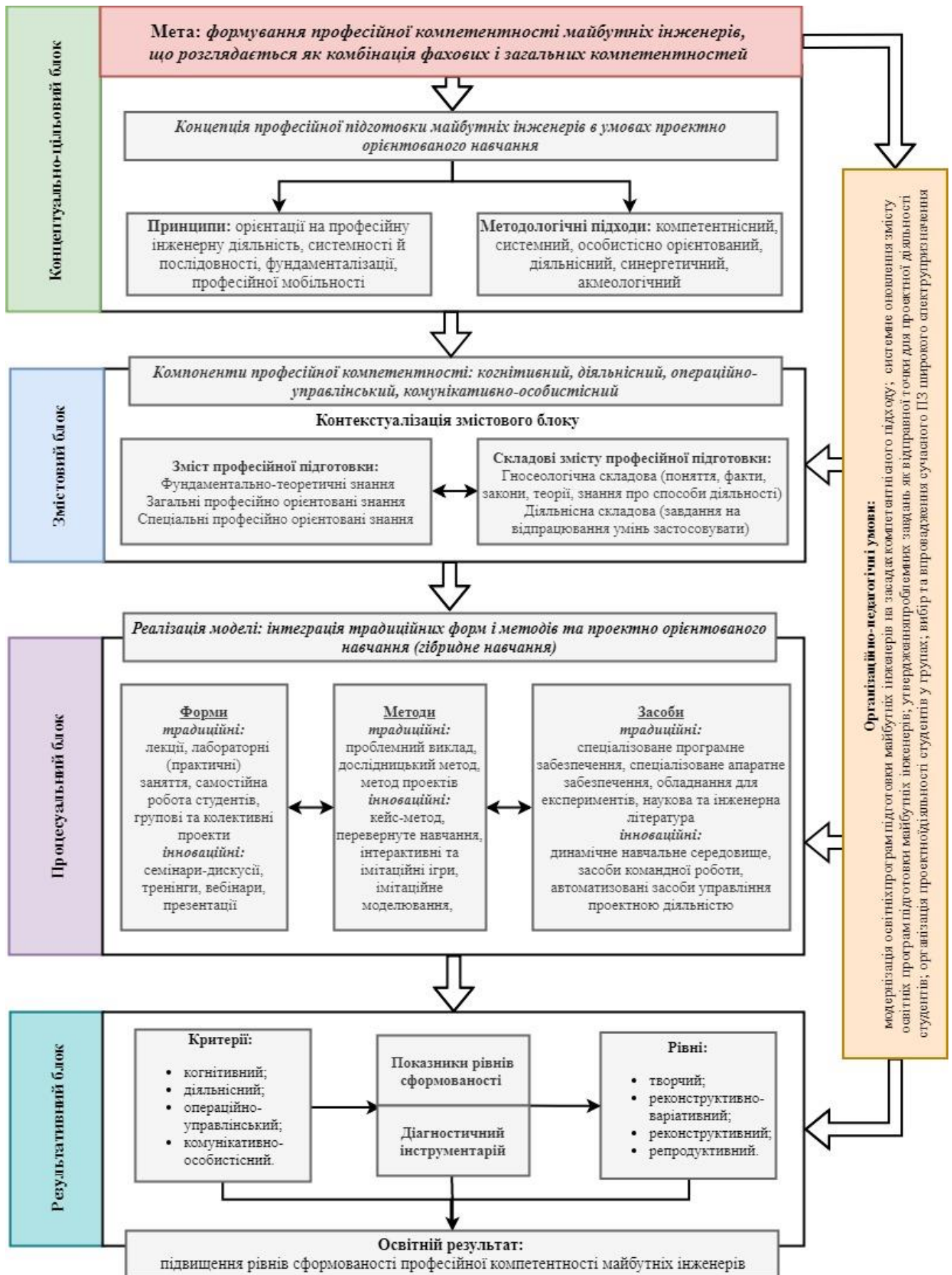


Рис. 3.11. Модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Зазначимо, що ця модель за своєю природою є динамічною, що передбачає існування взаємних зв'язків між усіма елементами системи в кожен момент часу. Адекватність та гнучкість моделі забезпечуються можливістю обирати та комбінувати оптимальні форми, методи й засоби підготовки, дотримуючись при цьому визначених принципів. Фактори впливу, визначальні для такого вибору, поділяються на зовнішні та внутрішні. Зовнішні фактори визначаються станом та особливостями функціонування системи освіти України загалом, тоді як внутрішні залежать від безпосередніх умов – контингенту студентів, матеріально-технічного забезпечення, організаційних аспектів на рівні ЗВО тощо. У нашому дослідженні система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання розглядається як цілісний процес, що поєднує різні види навчання, квазіпрофесійну діяльність студентів тощо.

У структурі системи виділяємо блоки, наведені на рис. 3.12: концептуально-цільовий, змістовий, процесуальний (форми, методи, засоби організації діяльності студентів) та результативний.

Концептуально-цільовий блок є визначальним компонентом моделі професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Мета системи, що проектується, деталізується з урахуванням завдань, на вирішення яких вона спрямовується. У нашому дослідженні основною метою професійної підготовки майбутніх інженерів є *формування професійної компетентності, яка розглядається як комбінація фахових і загальних компетентностей*. Деталізація цілей системи здійснюється з урахуванням суспільних вимог, потреб стейкхолдерів, чинних освітніх парадигм тощо, що в сукупності знайшло відображення в концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

До методологічних підходів, що дозволяють обґрунтувати й визначити ключові аспекти професійної підготовки майбутніх інженерів, належать: системний, діяльнісний, особистісно орієнтований, акмеологічний та компетентнісний. Серед принципів професійної освіти, на яких було зроблено основний наголос під час розроблення системи професійної підготовки майбутніх

інженерів, виділяємо такі: орієнтації на професійну інженерну діяльність, системності й послідовності, фундаментальності, професійної мобільності, які детально розглянуто в підрозділі 3.2.

Цілями навчання є: забезпечити формування професійної компетентності майбутніх інженерів, що поєднує глибокі фахові знання фундаментальних та інженерних наук, інженерного аналізу та досліджень, інженерного проектування, інженерної практики зі здатністю до самоспрямованого навчання, навичок планувати власну діяльність у часі та просторі, комунікації та співпраці, навичок управління інженерною діяльністю. Таке поєднання відповідає сучасним умовам провадження інженерної діяльності, вимогам акредитаційних агентств і сучасним тенденціям української вищої школи. Визначені цілі навчання можуть і мають розширюватися з урахуванням завдань, що виходять за рамки безпосередньо освітнього процесу, як, наприклад, підтримка студентів у створенні оригінальних інженерних рішень та ідей та їх участі в конкурсах і грантових програмах чи залучення студентів до участі в наукових дослідженнях.

Змістовий блок. Формування змісту системи професійної підготовки майбутніх інженерів передбачає інтеграцію дисциплін циклів гуманітарної та соціально-економічної підготовки, математичної та природничо-наукової підготовки, професійної та практичної підготовки. Як зазначалося вище, цілковита уніфікація змістової складової під час підготовки майбутніх інженерів шляхом упровадження загальнодержавних стандартів є недоцільною. Розширення переліку спеціалізацій є однією з рис сучасної інженерної освіти, що вимагає простору для постійного розвитку й удосконалення освітніх програм в умовах автономізації ЗВО. З іншого боку, чинні професійні стандарти і вимоги академічної мобільності накладають зобов'язання, дотримання яких є умовою забезпечення якості освіти.

Основними складовими змісту професійної підготовки майбутніх інженерів є: фундаментально-теоретичні знання та відповідні компетентності (з таких дисциплін, як математика, фізика, хімія, біологія тощо) і професійно орієнтовані знання та компетентності, які, своєю чергою, поділяються на загальні (спільні для всіх галузей інженерії) й спеціалізовані (визначаються обраним напрямом

підготовки). Такий підхід поєднує елементи інженерної науки й практики в умовах сталого розвитку.

У процесі деталізації змісту навчального матеріалу виділяються поняття, факти, закони, теорії, знання про способи діяльності (гносеологічна складова) та завдання на відпрацювання вмінь застосовувати ці знання на практиці (діяльнісна складова). Професійно орієнтовані інженерні знання представлено такими видами: декларативні, процедурні, структурні та стратегічні. Залежно від функцій навчального предмета чи виду навчальної діяльності студентів формування фахових та загальних компонентів може відбуватися прямо чи опосередковано, що деталізується з використанням програмових результатів навчання.

В умовах проектно орієнтованого навчання основна увага приділяється контекстуалізації змістового блоку, що передбачає: підтримку розгалуженої системи зв'язків (між новими ідеями та попередніми знаннями, між концепціями та повсякденним життям), акцент на методологічних аспектах (вміння застосовувати знання в практичних ситуаціях).

Процесуальний (операційний) блок. У процесуальному блоці відображаються форми, методи і технології організації освітнього процесу. Запропонована система професійної підготовки майбутніх інженерів реалізується через упровадження гібридного навчання, коли проектна діяльність студентів визначається як особливий освітній компонент (з власними програмовими результатами, пов'язаними з фаховими та загальними компетентностями), узгоджений із заняттями, що проводяться у традиційній формі. Методи навчання конкретизують мету навчання, визначають спосіб засвоєння матеріалу, характеризують особливості взаємодії суб'єктів процесу навчання. Відповідно до класифікації методів навчання за домінуюльним характером пізнавальної діяльності І. Лернера, М. Скаткіна виділяємо дві основні категорії (Фіцула, 2010):

- продуктивні (дослідницький метод, частково-пошуковий, проблемне навчання);
- репродуктивні (інформаційно-рецептивні (пояснювально-ілюстративний, образно-асоціативний, оповідальне викладання, демонстраційний,

ілюстративний) та власне репродуктивні (практичний, лабораторно-практичний, репродуктивний діалог)).

В умовах проектно орієнтованого навчання акцент припадає на методи, що відповідають продуктивному варіанту пізнавальної діяльності, який характеризується високим ступенем самостійної діяльності студентів з ідентифікації інженерних проблем та способів їх вирішення. Серед інноваційних педагогічних технологій інженерної освіти виділимо діалогічні семінари-дискусії, що можуть реалізовуватися в онлайн режимі, вебінари, портфоліо майбутніх інженерів, імітаційне моделювання, кейс-метод, перевернуте навчання (flipped classroom), інтерактивні та імітаційні ігри, тренінги тощо.

У проектно орієнтованому навчанні особливу роль відіграє логіка подання та сприймання навчальної інформації, відповідно до якої методи поділяються на індуктивні та дедуктивні. Індуктивне навчання розпочинається з інформування про окремі факти, результати спостережень, експериментально отримані дані з метою їх подальшої інтерпретації, аналізу кейсів, розв'язування комплексних проблемних завдань, пов'язаних з реальним світом, тощо. Така інформація використовується для формулювання мети проекту й пошуку підходів до його реалізації.

У процесі аналізу даних, кейсів чи вирішення проблем студенти генерують потребу в певних фактах, правилах, процедурах чи принципах, що слугує відправною точкою процесу навчання. Для індуктивного навчання властивим є використання відкритих та слабкоструктурованих проблем, які не мають відомого наперед розв'язку, а традиційні заняття (лекції, лабораторні роботи) при цьому спрямовані на підтримку виконання міждисциплінарних проектів.

За рівнем засвоєння знань та формування способів діяльності увага звертається на забезпечення творчо-репродуктивного рівня діяльності.

Основними організаційними формами освітнього процесу є лекції, лабораторні (практичні) заняття та самостійна (позааудиторна) робота студентів. Зазначимо, що у випадку проектної діяльності самостійна позааудиторна робота студентів інженерних спеціальностей передбачає роботу з устаткуванням, спеціалізованим програмним забезпеченням тощо. Відповідно, вона має

здійснюватися на облаштованому робочому місці студента – у спеціалізованому приміщенні з належним матеріально-технічним і комп'ютерним оснащенням.

Важливим аспектом проектно орієнтованого навчання є переважання консультативної ролі викладача відносно студентів, що працюють над певним проектом/проблемою (Barrows, 1996). Таким чином, відбувається перехід від навчання, орієнтованого на викладача, до навчання, орієнтованого на студента (такого, що спрямовується студентом самостійно з урахуванням його освітніх потреб). Звичайно, спектр ролей, які доводиться виконувати викладачу, є набагато ширшим. У статті (Dahms, Spliid, & Nielsen, 2017) виокремлено шість основних завдань викладача:

1. Планування навчальних програм та курсів.
2. Розроблення навчально-методичних ресурсів.
3. Забезпечення студентів необхідною інформацією.
4. Представлення для студентів рольової моделі викладача та професіонала.
5. Консультування студентів у ході навчального процесу.
6. Оцінювання успішності студентів та ефективності навчання.

У проектно орієнтованому навчанні самостійна робота студентів набуває властивих проектам форм організації: проекти виконуються групами студентів, відповідно, існує внутрішній розподіл завдань та ролей між студентами як повноправними учасниками проектної діяльності. У такому випадку навчання зазнає впливу взаємодії між студентами, коли кожен із них постає в якості особи, що опрацьовує власний блок інформації та обмінюється нею з іншими учасниками.

У контексті професійної підготовки майбутніх інженерів найефективнішими є такі засоби навчання:

- спеціалізоване програмне забезпечення для інженерного проектування (NI LabVIEW, MatLAB тощо);
- спеціалізоване програмне забезпечення для управління проектною діяльністю (MS Project, Visual Paradigm тощо);
- спеціалізоване обладнання для діяльності студентів під час виконання проекту;

- обладнання для лабораторних та демонстраційних експериментів;
- технічні засоби навчання;
- наукова та інженерна література, структурований навчальний зміст, системи вправ та завдань, постановка проблеми, формулювання вихідних даних і завдань проекту;
- динамічні навчальні середовища (Moodle, Google Classroom).

Для виконання завдань проектів важливу роль відіграє організація робочого місця студентів, що має передбачати можливість роботи з відповідним обладнанням та програмним забезпеченням.

У ході дослідження було доведено необхідність створення таких організаційно-педагогічних умов для ефективного функціонування системи професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання: модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу (компетентнісний аспект); системне перетворення змісту освітніх програм підготовки майбутніх інженерів (змістовий аспект)); утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності студентів (пізнавальний аспект); організація проектної діяльності студентів у групах (організаційний аспект); вибір та впровадження сучасного ПЗ широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час вирішення завдань проекту, так і для його організації (технологічний аспект).

Результативний блок. Для оцінювання сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів було введено чотири критерії (компоненти): когнітивний, діяльнісний, операційно-управлінський і комунікативно-особистісний. Розробляючи опис критеріїв, ми враховували, що загальні компетентності Tuning поділяються на три категорії: інструментальні, міжособистісні та системні. До операційно-управлінського компонента ми віднесли інструментальні, а до комунікативно-особистісного – міжособистісні та системні компетентності. У таблиці 3.4 наведено відповідність запропонованих критеріїв та категорій програмових результатів навчання Tuning-AHELO.

Відповідність критеріїв професійної компетентності майбутніх інженерів та категорій програмових результатів навчання Tuning-AHELO

Критерій	Tuning-AHELO
Когнітивний	Фундаментальні та інженерні науки
	Інженерний аналіз та дослідження
Діяльнісний	Інженерне проектування
	Інженерна практика
Операційно-управлінський	Загальні навички
Комунікативно-особистісний	

Когнітивний критерій пов'язаний із рівнем засвоєння майбутніми інженерами знань з фундаментальних та інженерних наук, інженерного аналізу й досліджень. Його показниками визначено: здатність демонструвати знання та розуміння природничо-наукових та математичних принципів, що відповідають певній інженерній галузі; здатність застосовувати знання для ідентифікації, формулювання та вирішення інженерних проблем з використанням відповідних методів; здатність демонструвати розуміння методології інженерного проектування та використовувати її на практиці; здатність до логічного мислення, аналізу й синтезу.

Діяльнісний критерій пов'язаний з наявністю в студентів навичок у сфері інженерного проектування та практики. Його показниками є: здатність інтегрувати теорію і практику для вирішення інженерних проблем; здатність використовувати сучасне програмне забезпечення інженерного призначення; здатність здійснювати пошук інформації з різних джерел, її оброблення й аналіз для інженерно-технічних потреб; здатність розробляти й описувати процедуру вирішення інженерних проблем, вибирати та використовувати для цього відповідне обладнання, інструменти та методи.

Операційно-управлінський критерій пов'язаний із системними й інструментальними загальними компетентностями. Показниками критерію є: здатність до ефективної роботи в команді, міжособистісної взаємодії в умовах

командної роботи; здатність демонструвати знання проектного менеджменту та бізнес-практик, навички управління проектами; здатність демонструвати навички використання ІКТ під час виконання проекту і для представлення отриманих результатів.

Комунікативно-особистісний критерій пов'язаний з міжособистісними загальними компетентностями. Його показниками визначено: здатність учитися та бути сучасно навченим, у тому числі здатність до розпізнавання власних потреб та самостійного навчання впродовж життя; комунікативні навички (зокрема, спілкування з експертами з різних галузей); розуміння відповідальності за прийняті інженерні рішення, ціннісні орієнтири, саморефлексія.

Динаміка формування професійної компетентності майбутніх інженерів визначається з використанням чотирьох рівнів сформованості, що деталізуються для кожного з компонентів: репродуктивного (низького), реконструктивного (середнього), реконструктивно-варіативного (достатнього), творчого (високого).

Висновки до розділу 3

На основі аналізу наукових публікацій встановлено, що до інноваційних студентоцентризованих підходів, що відповідають сучасній парадигмі інженерної освіти, належить проектно орієнтоване навчання, яке характеризується гнучкістю та різноманіттям і може впроваджуватися найрізноманітнішими способами на базі освітніх компонентів, освітніх програм та закладів вищої освіти загалом, що є важливою передумовою його застосування.

Основними рисами проектно орієнтованого навчання визначено: спрямованість на розвиток творчого мислення та мотивації, орієнтацію на провадження освітнього процесу в контексті професійної інженерної діяльності, опору на поточний досвід та знання студентів, міждисциплінарний характер. Обґрунтовано, що ефективність діяльності студентів залежить від вибору проектного завдання, що дозволяє встановити зв'язки між проектно орієнтованим і

проблемно орієнтованим навчанням, коли відправною точкою навчання є проблема.

Розроблена модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, яка ґрунтується на принципах орієнтації на професійну інженерну діяльність, системності й послідовності, фундаментальності, професійної спрямованості та професійної мобільності. Визначені організаційно-педагогічні умови охоплюють пізнавальний, змістовий, організаційний і технологічний аспекти.

Основними організаційно-педагогічними умовами професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання є: модернізація освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу; системне вдосконалення змісту освітніх програм підготовки майбутніх інженерів; утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності студентів; організація проектної діяльності студентів у групах; вибір та впровадження сучасного ПЗ широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час вирішення завдань проекту, так і для його організації.

У процесі розроблення моделі професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання визначено її концептуально-цільовий (мета, концепція, методологічні підходи, принципи підготовки), змістовий (пов'язаний з організаційно-педагогічними умовами і такий, що визначає зміст професійної підготовки та структуру змісту навчального матеріалу), процесуальний (форми, методи, засоби, інноваційні педагогічні технології) і результативний (методику діагностики, компоненти, критерії, рівні та результат професійної підготовки майбутніх інженерів) блоки.

Основними складовими змісту професійної підготовки майбутніх інженерів визначено фундаментально-теоретичні й професійно орієнтовані знання та відповідні компетентності. Визначено необхідність використання інноваційних педагогічних технологій для організації самостійної роботи студентів відповідно до властивих проектній діяльності форм. Серед засобів навчання особливий акцент

зроблено на використанні сучасного спеціалізованого програмного забезпечення інженерного призначення.

Реалізація професійної підготовки майбутніх інженерів відбувається в умовах гібридного навчання, що передбачає інтеграцію традиційних й інноваційних форм, методів, засобів і проектно орієнтованого навчання.

Для оцінювання сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів запропоновано чотири критерії, що відповідають компонентам професійної компетентності: когнітивному, діяльнісному, операційно-управлінському і комунікативно-особистісному. Показники кожного з критеріїв сформованості для проектно орієнтованого навчання деталізовано з використанням матеріалів проектів Tuning і Tuning-ANELO.

Положення, викладені в третьому розділі, детально розкрито в публікаціях автора (Луценко & Луценко, 2008; Луценко & Луценко, 2009; Луценко & Луценко, 2013; Луценко, Люта, Фільченко, 2013; Луценко, Луценко & Корнієнко, 2013; Луценко & Козуля, 2016; Луценко, & Луценко, 2018; Луценко, 2018).

Список використаних джерел до розділу 3

- Adderley, K., Ashwin, C., Bradbury, P., Freeman, J., Goodland, S., & Greene, J. (1975). *Project Methods in Higher Education*. Guildford, Surrey: Society for Research into Higher Education.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical education*, 20(6), 481-486.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New directions for teaching and learning*, 68, 3-12.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. H. (1980). *PBL: An approach to Medical education*. New York: PBL: An approach to Medical education.
- Biggs, J. (1996). Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, 32, 1-18.
- Birch, W. (1986). Towards a model for problem-based learning. *Studies in Higher Education*, 11(1), 73-82.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26, 369-398.
- Boud, D. (1985). Problem-based learning in perspective. In D. Boud (Ed.), *Problem-Based Learning in Education for the Professions*. Sydney: HERDSA.
- Brawner, C. E., Felder, R. M., Allen, R., & Brent, R. (2003). *SUCCEEDD Faculty Survey of Teaching Practices and Perception of Institutional Attitudes Toward Teaching*. Grantee Submission.
- Brereton, M. (1999). *The Role of Hardware in Learning Engineering Fundamentals: An Empirical Study of Engineering Design and Product Analysis Activity*. Doctoral Dissertation. Stanford, California: Stanford University.
- Bulleit, W., Schmidt, J., Alvi, I., Nelson, E., & Rodriguez-Nikl, T. (2015). Philosophy of Engineering: What it is and why it matters. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 02514003.

- Cambridge Dictionary. (2018). Retrieved from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/project>
- Chowdhury, T. (2013). Impact of senior design project for the development of leadership and management skills in construction management. *European Journal of Engineering Education*, 38(4), 452-267. doi:10.1080/03043797.2013.804034
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed.* Verlag: Springer.
- Cronin-Jones, L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 235-250.
- Dahms, M., Spliid, C., & Nielsen, J. (2017). Teacher in a problem-based learning environment - Jack of all trades? *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1196-1219.
- De Graaf, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 657-662.
- Dochy, F., Sefers, M., Vab deb Bosseche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instructions*, 13, 533-568.
- Dunlap, J. C. (2005). Problem-Based Learning and Self-Efficacy: How a Capstone Course Prepares Students for a Profession. *Education Technology Research and Development*, 53(1), 65-83.
- Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D., & Leifer, L. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- Edstrom, K., & Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: complementary models for engineering education development. *European Journal of Engineering Education*, 39(5), 539-555.
- ЕНЕА. (2015). *Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG)*. Київ: ТОВ «ЦС».
- Ertmer, P. A., & Simons, K. D. (2005). Scaffolding teachers' efforts to implement problem-based learning. *International Journal of Learning*, 12(4), 319-328.

- Evans, D. L., McNeil, B. W., & Beakley, G. C. (1990). Design in Engineering Education: Past Views of Future Directions. *Journal of Engineerin Education*, 79(4), 517-522.
- Gao, M. (2012). *A theoretical model for the effectiveness of project-based learning in engineering design education. (A Doctoral Thesis)*. Loughborough University.
- Gavin, K. (2011). Case Study of a Project-Based Learning Course in Civil Engineering Design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547-558.
- Gijselaers, W. H. (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. *New directions for teaching and learning*, 68, 13-21.
- Goold, E. (2012). *The Role of Mathematics in Engineering Practice and in the Formation of Engineers (PhD Thesis)*. Maynooth: National University of Ireland Maynooth.
- Guerra, A. (2014). *Probelm Based Learning and Sustainable Engineering Education: Challenges for 21st Sentury*. Aalborg: Aalborg University.
- Heitmann, G. (1996). Project-oriented Study and Project-organized Curricula: A Brief review of Intentions and Solutions. *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 121-131.
- Helle, L., Tynjala, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education - theory, practice and rubber sling shots. *Higher education*(51), 287-314.
- Johnson, E. (2002). *Contextual Teaching and Learning: What It Is and Why It's Here to Stay*. California: Sage Publications.
- Jonassen, D. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. London: Routlegde: Taylor & Francis Group.
- Kilpatrick, W. H. (1921). Dangers and Difficulties of the Project Method and How to Overcome Them: Introductory Statement and Definition of Terms. *Teachers College Record*, 22(4).
- Kjersdam, F., & Enemark, S. (1994). *The Aalborg experiment: project innovation in university education*. Aalborg, Denmark: The University of Aalborg Press.
- Klaassen, R. G. (2018). Interdisciplinary education: a case study. *European Journal of Engineering Education*. doi:10.1080/03043797.2018.1442417
- Knoll, M. (1997). The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 59-80.

- Knoll, M. (2012). "I had made a mistake": William H Kilpatrick and the project method. *Teachers College Record*, 114(2), 1-45.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of learning and Development*. New York: Prentice-Hall.
- Kolmos, A. (1996). Reflection on Project Work and Problem-Base Learning. *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 141-148.
- Kolmos, A., Fink, F. K., & Krogh, L. (Eds.). (2004). *The Aalborg model: Progress, diversity and challenges*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Larsen, R. W. (2011). *LabVIEW for Engineers*. Pearson Higher Ed.
- Lauterburg, U. (1998). *LabVIEW in Physics Education*. Bern, Switzerland: University of Bern.
- Luxhosj, J. T., & Hansen, P. H. (1996). Engineering Curriculum Reform at Aalborg. *Journal of Engineering Education*, 85(3), 183-186.
- Maffioli, F., & Augusti, G. (2003). Tuning engineering education into the European higher education orchestra. *European Journal of Engineering Education*, 28(3), 251-273. doi:10.1080/0304379031000098832
- McAleese, M., Bladh, A., Bode, C., Muehlfeit, J., Berger, V., & Petrin, T. (2014). *Report to the European Commission on new modes of learning and teaching in Higher Education*. Luxembourg: EU.
- Menken, S., & Keestra, M. (Eds.). (2016). *An Introduction to Interdisciplinary Research*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Moesby, E. (2005). Curriculum development for project oriented and problem based learning (POPBL) with emphasis on personal skills and abilities. *Global journal of engineering education*, 9, 121-128.
- NI. (2017). *DAQ Getting Started Guide*. Отримано 28 Червень 2017 р. з Website of National Instruments Corporation: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373737h.pdf>
- Online Etymology Dictionary. (2018). Retrieved from <https://www.etymonline.com/>
- Pecore, J. L. (2015). From Kilpatrick's project method to project-based learning. In *International Handbook of Progressive Education* (pp. 155-171).

- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
- Prince, M., & Felder, R. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14-20.
- Rubinstein, M. F. (1975). *Patterns of Problem Solving*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Ryle, G. (1949). *The Concept of Mind*. London: Hutchinson's University Library.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20.
- Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35(5), 31-38.
- Savin-Baden, M. (2000). *Problem-Based Learning In Higher Education: Untold Stories: Untold Stories*. McGraw-Hill Education (UK).
- Savin-Baden, M., & Howell, C. (2004). *Foundations of Problem Based Learning*. Berkshire: McGrawHill Education.
- Schon, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. London: Temple Smith.
- Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K., & Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice? *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 429-428.
- Soanes, C., & Stevenson, A. (Eds.). (2003). *Oxford Dictionary of English* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Stewart, R. (2007). Investigation the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course. *European Journal of Engineering Education*, 32(4), 453-465.
- UNESCO-IBE. (2013). *IBE Glossary of Curriculum Technology*. Geneva: Unesco-IBE.
- Urbanic, R. J. (2011). Developing Design and Management Skills for Senior Industrial Engineering Students. *Journal of Learning Design*, 4(3), 35-49.

- Van Driel, J., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of research in science teaching*, 38(2), 137-158.
- Vincenti, W. G. (1990). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical studies from Aeronautical History*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Walker, A., & Leary, H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1), 6-28.
- Walther, J., Kellam, N., Sochacka, N., & Radclife, D. (2011). Engineering Competence? An Interpretive Investigation of Engineering Students' Profession Formation. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 703-740.
- Wim, W., & Van der Blij, M. (2011). Tutors and teachers in project-led engineering education: a plea for PLEE tutor training. *3rd International Symposium on Project Approaches in Engineering Education: aligning engineering education with engineering challenges* (pp. 11-25). Lisbon: PAEE.
- Алексюк, А. М., Аюрзанайн, А. А., & Підкасистий, П. І. (1993). *Організація самостійної роботи студентів в умовах інтенсифікації навчання : навч. посібн.* Київ: ІСДО.
- Архангельский, С. И. (1980). *Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы*. Москва: Высшая школа.
- Батенко, Л. П., Загородніх, О. А., & Ліщинська, В. В. (2003). *Управління проектами: навчальний посібник*. Київ: КНЕУ.
- Беспалько, В. П. (1989). *Слагаемые педагогической технологии*. Москва: Педагогика.
- Биков, В. Ю. (2008). *Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія*. Київ: Атіка.
- Брюханова, Н. О., & Корольова, Н. В. (2015). Педагогічне моделювання: стан і тенденції розвитку. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія.*, 3, 64-71.

- Бусел, В. Т. (Ред.). (2005). *Великий тлумачний словник сучасної української мови*. Київ: Перун.
- Власенко, К. В., & Реутова, І. М. (2012). Метод проектів навчання вищої математики. *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка*, 7(242), 51-60.
- Высоцкий, С. В. (1999). Структура психолого-педагогических условий формирования поисково-творческой направленности личности в процессе обучения. *Науковий вісник Південноукраїнського держ. пед. університету ім. К. Д. Ушинського*, 8-9, 90-94.
- Галета, Я. (2012). Інформаційно-освітнє середовище як засіб навчання. *Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]*. Сер.: Педагогічні науки, 106, 128-134.
- Гончаренко, С. У. (2006). Фундаменталізація професійної освіти. *Професійна освіта: педагогіка і психологія*, 8, 165-173.
- Гончаренко, С. У. (2008). *Педагогічні дослідження: Методологічні поради молодим науковцям*. Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця».
- Гулай, О. І. (2009). Метод проектів у викладанні хімії у вищих технічних навчальних закладах. *Зб. наук. праць Військового інституту Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка*, 22, 214-219.
- Демиденко, М. А. (2017). *Управління проектами інформатизації за методологією SCRUM : навч. посіб.* Дніпро: Національний гірничий університет.
- Дутка, Г. Я. (2006). *Особливості фундаменталізації професійної освіти : методичні рекомендації*. Львів: Сполом.
- Захарченко, В. М., Калашнікова, С. А., Луговий, В. І., Ставицька, А. В., Рашкевич, Ю. М., & Таланова, Ж. В. (2014). *Національний освітній глосарій: Вища освіта* (2-ге вид., перероб. і доп. вид.). (В. Г. Кремін'я, Ред.) Київ: ТОВ «Видавничий дім «Плеяди».
- Іванов, В. О., Криворучко, Д. В., & Купенко, О. В. (2015). *Практико-орієнтовані технології в інженерній освіті: навчальний посібник*. Харків: НТМТ.

- Ковтонюк, М. М. (2012). Деякі аспекти фундаменталізації змісту професійної підготовки майбутнього вчителя математики. *Педагогічна освіта: теорія і практика*, 11, 202-210.
- Коновальчук, І. І. (2011). Сутність та властивості інноваційної педагогічної системи. *Нові технології навчання. Наук.-метод. зб. Інститут інноваційних технологій і змісту*, 6(1), 89-93.
- Корнійчук, О. П., & Бурова, Л. М. (2012). Освітня технологія «метод проектів»: стан розробки в науково-методичній літературі. *Медична освіта*, 4, 66-69.
- Кузьмина, Н. В. (1989). *Профессионализм деятельности преподавателя и мастера производственного обучения профтехучилища*. Москва: Высшая школа.
- Кузьмінський, А. І. (2005). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* Київ: Знання.
- Кузьмінський, А. І., & Омеляненко, В. Л. (2006). *Педагогіка у запитаннях і відповідях : навчальний посібник для вузів*. Київ: Знання.
- Кульчицький, І. М. (2015). Концептуалізація понять «модель» та «моделювання» у наукових дослідженнях. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі : збірник наукових праць*, 829, 273-284.
- Курлянд, З. Н. (2012). *Теорія і методика професійної освіти: навч. посіб.* Київ: Знання.
- Курлянд, З. Н., Хмельюк, Р. І., Семенова, А. В., Бартенєва, І. О., & Богданова, І. М. (2007). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* (3 вид.). Київ: Знання.
- Курок, В. П. (2015а). Міждисциплінарна інтеграція знань у педагогічних системах. *Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу у школі та ВНЗ*, 1, 82-89.
- Курок, В. П. (2015б). Міжпредметні зв'язки як чинник забезпечення інтеграції технічних знань. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*, 27, 5-9.
- Литвин, А. В. (2014). *Методологічні засади поняття «педагогічні умови»: на допомогу здобувачам наукового ступеня*. Львів: СПОЛОМ.

- Лодатко, Є. О. (2010а). *Моделювання педагогічних систем і процесів*. Слов'янськ: СДПУ.
- Лодатко, Є. О. (2010б). Моделювання в педагогіці : точки відліку. *Педагогічна наука : історія, теорія, практика, тенденції розвитку, 1*. Отримано з http://intellect-invest.org.ua/pedagog_editions_e-magazine_pedagogical.
- Луценко, Гр. В. (2013). *Фундаменталізація фізичної освіти у вищій школі*. Черкаси: Видавничий відділ ЧНУ.
- Луценко, Г. В. (2018). Система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*, №14. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_151df214df5f4138bcbd9c194cba5051.pdf.
- Луценко, Г. В., & Козуля, Л. В. (2016). Аналіз особливостей впровадження проблемно-орієнтованого навчання у системі вищої освіти України. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*, 138, 91-95.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Гр. В. (2008). Упровадження віртуальних лабораторних практикумів при вивченні фізичних процесів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 137, 159-163.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Гр. В. (2009). Автоматизація наукових досліджень: навчальний посібник для студентів університетів. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Гр. В. (2013). Використання засобів LabVIEW при вивченні статистичних методів обробки даних. *Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми математичної освіти»* (сс. 277-278). Черкаси: Чабаненко Ю.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Гр. В. (2018). Проектно орієнтоване навчання: точка зору українських викладачів STEM-дисциплін. *Science and Education a New Dimension*, VI (65)(155), 36-39.
- Луценко, Г. В., Луценко, Гр. В., & Корнієнко, С. В. (2013). *Імітаційне моделювання процесів електродинаміки: лабораторний практикум для студентів університетів*. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького.

- Луценко, Г. В., Люта, М. В., & Фільченко, С. Г. (2013). Робота з віртуальними вимірювальними приладами засобами середовища LabVIEW. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 4(72), 15-21.
- Манько, В. М. (2000). Дидактичні умови формування у студентів професійно-пізнавального інтересу до спеціальних дисциплін. *Соціалізація особистості: зб. наук. пр. Національного педагогічного університету ім. М. Драгоманова*, 2, 153-161.
- Марцева, Л. А. (2015). *Теоретичні та методичні основи професійної підготовки молодших спеціалістів радіотехнічного профілю. (Дис. доктора пед. наук.)*. Львів: Львівський науково-практичний центр інституту професійно-технічної освіти НАН України.
- Масич, В. В. (2013). Використання проблемного навчання на заняттях з фізики у вищому інженерно-педагогічному навчальному закладі. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, 32, 569-576.
- Масич, В. В., & Безугла, І. М. (2013). Застосування інформаційних технологій у процесі проблемного навчання фізиці у вищому навчальному закладі. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*, 38-39, 297-302.
- Матюшкин, А. М. (1977). Теоретические вопросы проблемного обучения. В *Хрестоматия по психологии* (стр. 274-280). Москва: МГУ.
- Махмутов, М. И. (1980). *Организация проблемного обучения в школе*. Москва: Просвещение.
- Митрофанова, Г. Г. (2010). Метод проектов вчера и сегодня. *Вестник Ленинградского государственного университета им. АС Пушкина*, 3(4), 94-106.
- Митрофанова, Г. Г. (2014). Диахронический подход к идее проектной деятельности в образовании. *Вестник Ленинградского государственного университета им. АС Пушкина*, 3(4), 40-49.
- Михеев, В. И. (2006). *Моделирование и методы теории измерений в педагогике*. Москва: КомКнига.

- Оконь, В. (1968). *Основы проблемного обучения*. Москва: Просвещение.
- Ортинський, В. Л. (2009). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.]*. Київ: Центр учбової літератури.
- Павленко, В. В. (2014). Методи проблемного навчання. *Нові технології навчання: наук.-пед. зб., 81*, 75-79.
- Пехота, О. М. (2003). *Підготовка майбутнього вчителя до впровадження педагогічних технологій : навч. посіб.* Київ: А.С.К.
- Подкасистый, П. И. (1980). *Самостоятельная познавательная деятельность школьников в обучении*. Москва: Педагогика.
- Похолков, Ю. П. (2012). Национальная доктрина опережающего инженерного образования России в условиях новой индустриализации: подходы к формированию, цель, принципы. *Инженерное образование, 10*, 50-65.
- Прибылов, Н. Н., Прибылова, Е. И., & Прицепова, С. А. (2009). Лабораторный практикум по физике для дистанционного обучения. *Физическое образование в вузах, 9(2)*, 108-112.
- Прошкін, В. В. (2015). Педагогічна система як предмет наукового дослідження. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика, 4(45)*, 7-12.
- Рашкевич, Ю. М. (2014). *Болонський процес та нова парадигма вищої освіти: монографія*. Львів: В-цтво Львівської політехніки.
- Романовський, О. Г. (2001). *Теоретичні і методичні основи підготовки інженера у вищому навчальному закладі до майбутньої управлінської діяльності. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук)*. Київ: Інститут педагогіки і психології професійної освіти АПН України.
- Сери́ков, Г. Н. (2002). *Образование и развитие человека*. Москва: Мнемозика.
- Сліпухіна, І. А., & Калініченко, О. В. (2014). Особистісно орієнтована освіта: практика проблемного навчання студентів технічного університету. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки., 1*, 220-225.
- Сподін, Л. А. (2001). *Педагогічні умови формування професійної спрямованості особистості студентів вищих аграрних закладів освіти. (Автореф. дис. на*

- здобуття наук. ступеня канд. пед. наук). Київ: Центр. ін-т післядиплом. пед. освіти АПН України.
- Тверезовська, Н., & Філіппова, Л. (2009). Сутність та зміст поняття “педагогічні умови». *Нова педагогічна думка*, 3, 90-92.
- Туриця, О. (2013). Професійна спрямованість навчання як педагогічна умова формування професійної компетентності майбутніх фахівців харчового профілю. *Вісник Львівського університету. Серія педагогічна*, 29, 48-60.
- Туркот, Т. І. (2011). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн.* Київ: Кондор.
- Фіцула, М. М. (2010). *Педагогіка вищої школи: навч. посібн. (2 вид.)*. Київ: Академвидав.
- Чернецький, І., Сліпухіна, І., & Поліхун, Н. (2017). Мультидисциплінарний підхід у формування STEM-орієнтованих навчальних завдань. *Проблеми методичної фізико-математичної і технологічної освіти*, 12(1), 158-168.
- Шадриков, В. Д. (Ред.). (2002). *Подготовка учителя математики: инновационные подходы*. Москва: Гардарики.
- Шатоха, В. (Ред.). (2016). *Європейський досвід підготовки інженерів для сталого розвитку*. Дніпропетровськ: «Дріант».
- Шинкарук, В. І. (Ред.). (1986). *Філософський словник. 2 вид., перероб. і доп.* Київ: Головна редакція УРЕ.
- Шинкарук, В. І. (2002). *Філософський енциклопедичний словник / НАН України, Ін-т філософії ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: В. І. Шинкарук (голова)*. Київ: Абрис.

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ ТА ЇЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1. Структура та цілі системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Основоположним елементом педагогічної системи є обрана мета, спрямованість на досягнення якої є ключовим завданням в умовах упровадження такої системи в освітню діяльність. Загальна мета системи освіти є комплексним поняттям, що визначається у рамках домінантної освітньої концепції й у випадку української системи вищої освіти має виразно гуманістичне спрямування. При цьому на перший план виходять завдання реалізації потреби особистості в інтелектуальному, культурному й етичному розвитку, створення умов для професійного зростання та вдосконалення (Кремень, 2008).

З іншого боку, мета освіти конкретизується й деталізується відповідно до потреб суспільства щодо підготовки фахівців певного профілю. Протягом останнього десятиліття сформувався стійке переконання, що випускники ЗВО мають бути підготовлені до успішної професійної діяльності у швидкозмінному світі, що також пов'язано з новою соціальною роллю університетів як центрів неперервної освіти впродовж життя, завданням яких є підготовка висококваліфікованих спеціалістів. Такий погляд відповідає ключовим світовим тенденціям у сфері інженерної освіти.

Сучасні інженерні проблеми мають комплексний характер і, відповідно, ринок праці орієнтований на інженерів, здатних вирішувати технічні проблеми, управлінські, техніко-економічні, організаційні та інші завдання. При цьому випускники інженерних спеціальностей повинні бути наділені комунікативними навичками, вмінням працювати в команді та володіти інженерним проектуванням,

розуміти соціальні й технологічні умови, за яких здійснюється проектування (Dum, 2006; Litzinger, Latucca, Hadgraft, & Newstetter, 2011).

За результатами опитування, здійсненого в 2013 році компанією СКМ, українські стейкхолдери сформулювали низку рекомендацій для ЗВО (СКМ, 2013):

- зосередження освітніх програм підготовки майбутніх фахівців на практичних проблемах;
- планування кваліфікацій та реформування навчальних планів з урахуванням потреб ринку праці, залучення викладачів зі значним практичним досвідом.

Реалізація обраної мети функціонування педагогічної системи здійснюється шляхом узгодження всіх її складових в умовах реального освітнього процесу, учасниками якого є викладачі та студенти. Таким чином, деталізуючи цілі, зміст, форми, методи, засоби навчання, інноваційні технології, інформаційні й технологічні аспекти тощо, ми маємо також визначати сутність діяльності викладачів і студентів та їх зв'язки з кожною зі складових. Схематичне зображення основних структурних елементів системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання наведено на рис. 4.1.

Наведена структура відповідає досвіду провідних університетів, що здійснюють підготовку майбутніх інженерів на засадах проектно орієнтованої й проблемно орієнтованої діяльності студентів, виділяючи сім взаємопов'язаних елементів освітніх програм (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009):

- програмові результати навчання та знання;
- типи проблем та проектів;
- перебіг, масштаб та тривалість проектів;
- види діяльності студентів у процесі навчання;
- роль та завдання викладачів;
- організація навчального простору студентів;
- системи оцінювання.

Наголосимо, що в педагогічних дослідженнях використовуються різні способи визначення й деталізації цілей освіти, що знаходить відображення у

підходах до розроблення та модернізації освітніх програм. На нашу думку, визначаючи цілі навчання, неможливо обмежуватися розрізненим описом нормативного змісту підготовки, діяльності викладача й студентів тощо, адже це суперечить компетентнісній парадигмі, відповідно до якої успішність завершення освітньої програми визначається у термінах програмових результатів.

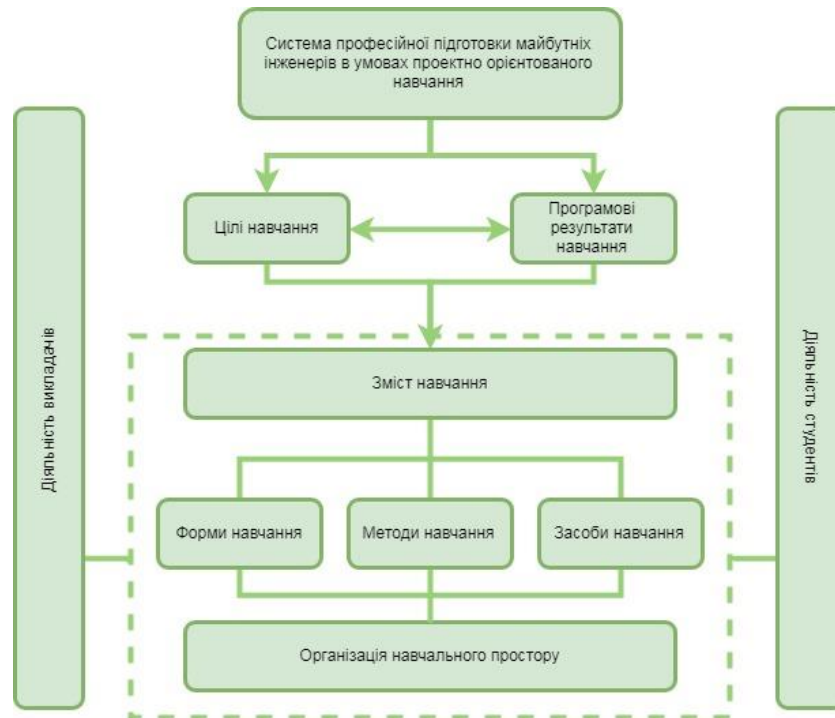


Рис. 4.1. Структура системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектного навчання

Відповідно, у процесі проектування цілей педагогічної системи доречно розмежовувати поняття програмових результатів та цілей навчання. Програмові результати навчання стосуються досягнень студента, які можна ідентифікувати, оцінити й виміряти, а цілі навчання розглядаються як заплановані викладачем кінцеві результати процесу навчання (Захарченко, та ін., 2014). Розроблення програмових результатів є ієрархічним процесом, де програмові результати найвищого рівня відображено в стандартах вищої освіти України для відповідних спеціальностей, а на наступних рівнях перебувають взаємоузгоджені програмові результати для освітніх компонентів (окремих навчальних дисциплін і видів діяльності студентів), що дозволяє забезпечити системність і цілеспрямованість освітнього процесу.

У таблиці 4.1 наведено приклад зіставлення педагогічних цілей та програмових результатів навчання, досягнення яких можливе в умовах проектно орієнтованого навчання.

Таблиця 4.1

Приклад узгодженого планування педагогічних цілей та відповідних результатів навчання

Педагогічні цілі	Результати навчання
Контекстуалізація освітнього процесу шляхом створення умов, близьких до умов професійної діяльності, включаючи взаємодію із замовниками та командою проекту	Бути здатним формулювати інженерні проблеми та обирати коректні методи вирішення, здатність ефективно спілкуватися з експертами з різних сфер
Забезпечити залучення студентів до проектування власної навчальної траєкторії	Бути здатним до незалежної організації власного освітнього процесу та управління ним у контексті освіти впродовж життя
Забезпечити залучення студентів до пошуку та обробки інформації в умовах вирішення слабкоструктурованих проблем	Бути здатним здійснювати пошук літератури та використовувати різні джерела інформації, верифікувати та аналізувати інформацію
Створення умов для впровадження ітераційних підходів проектного менеджменту (наприклад, Agile-методів, Scrum тощо)	Бути здатним планувати, виконувати проекти та управляти ними
Підтримка студентів у створенні оригінальних інженерних рішень та ідей (наприклад, у формі стартапів) та щодо участі в конкурсах і грантових програмах	Бути здатним оцінити потенціал впровадження власних розробок у реальному житті
Залучення студентів до участі в наукових дослідженнях	Бути здатним усвідомити важливість та перспективи наукових досліджень

Розроблення програмових результатів навчання передбачає використання певної таксономії. У загальному розумінні поняття таксономії трактується як поділ на впорядковані групи чи категорії або класифікація чи категоризація сутностей.

Для визначення рівня сформованості навичок в освітній сфері використовуються різні види таксономій: когнітивна таксономія Блума, що є найпоширенішою, модифікована таксономія Андерсона, SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes), технічна таксономія Файзеля-Шмітца, таксономія Фінка (Johansson, Larsson, & Wingard, 2007; O'Neill & Murphy, 2010).

Таксономія освітніх цілей Блума була розроблена групою вчених під керівництвом Бенджаміна Блума в 50-х роках ХХ століття. Для різних типів діяльності дослідниками було виділено три домени:

- когнітивний, що стосується знань та мислення;
- емоційний, що містить особистісні якості та цінності;
- психомоторний, що описує навички в сенсі рухової діяльності.

Для когнітивного домену в таксономії Блума виділяється шість рівнів: знання (knowledge), розуміння (comprehension), застосування (application), аналіз (analysis), синтез (synthesis) та оцінка (evaluation).

У 90-х роках ХХ століття Л. Андерсон запропонував оновлений варіант таксономії Блума, який оптимальніше враховував потреби освітньої сфери, пов'язані з планування навчальних планів. Зміни стосувалися формулювань рівнів та відповідних дієслів, що використовуються для позначення активності студентів. У таксономії Л. Андерсона використовуються такі рівні:

- створення (creating) – здатність поєднувати елементи, формуючи взаємопов'язане і функціональне ціле; реорганізувати елементи в нові патерни чи структури;
- оцінювання (evaluating) – здатність виносити судження на основі певних критеріїв чи стандартів, оцінюючи значення матеріалу для конкретної цілі;
- аналіз (analysis) – здатність розподіляти матеріал на відокремлені частини та визначати, як ці частини співвідносяться між собою та з загальною організаційною структурою і її призначенням;
- застосування (applying) – здатність використовувати вивчені процедури в заданій ситуації та за нових умов;
- розуміння (understanding) – здатність розуміти та інтерпретувати матеріал, у тому числі усну, письмову та графічну комунікацію;
- запам'ятовування (remembering) – здатність запам'ятати та відтворити вивчену інформацію з довготермінової пам'яті.

До цих рівнів було додано виміри для типів знань: фактичні, концептуальні, процедурні, метакогнітивні (O'Neill & Murphy, 2010). Фактичні знання є базовими

фактами, необхідними для ознайомлення з дисципліною чи вирішення проблеми. Концептуальні знання описують зв'язки між базовими фактами в рамках великої структури, дозволяючи їй функціонувати як єдине ціле. Процедурні знання – це інформація про способи виконання діяльності, методи дослідження та критерії використання навичок, алгоритмів, методик і методів. Метакогнітивні знання – знання про пізнання загалом та усвідомлення і знання про власне пізнання.

Поширеним варіантом у системі вищої освіти є SOLO таксономія, розроблена Дж. Біггсом та К. Коллінзом у 1982 році (Johansson, Larsson, & Wingard, 2007), в якій теж використовується п'ять рівнів, кожен з яких відповідає вищому рівню підготовки: доструктурний, одноструктурний, багатоструктурний, реляційний та абстрактний рівні (див. рис. 4.2).



Рис. 4.2. Структура SOLO таксономії

Технічна таксономія Файзеля-Шмітца (Feisel-Schmitz taxonomy) також подібна до таксономії Блума, але адаптована до потреб інженерно-технічної освіти. У рамках таксономії Файзеля-Шмітца використовуються п'ять рівнів: оцінити (judge), вирішити (solve), пояснити (explain), розрахувати (compute), визначити (define). Деталізуємо опис кожного з рівнів.

1. *Оцінити*. Бути здатним критично оцінити множину рішень та обрати серед них оптимальне.

2. *Вирішити*. Методами аналізу чи синтезу розробити модель системи, ввести зміни до існуючої моделі, запропонувати власні ідеї.

3. *Пояснити*. Викласти концепцію власними словами, пояснити процедуру, що використовується, обговорити результати.

4. *Розрахувати*. Уміння діяти згідно з певними правилами, змінювати дані в рівнянні, використовувати готові рішення.

5. *Визначити*. Дати визначення чи описати явище з якісного чи кількісного поглядів.

На відміну від попередніх таксономія Фінка є неієрархічною (O'Neill & Murphy, 2010). Її структура дозволяє описувати цілі навчання на перетині когнітивного й емоційного доменів, що уподібнює її до модифікованої таксономії Андерсона в сенсі метакогнітивних якостей (навчитися вчитися). Таксономія Фінка включає більше афективних аспектів, таких як «людський вимір», «увага» тощо.

Таксономія Фінка включає такі рівні:

- базові знання – розуміння та запам'ятовування (назвати, скласти список, описати);
- застосування – критичне, творче та практичне мислення, вирішення проблем (проаналізувати, інтерпретувати, застосувати);
- інтеграція – побудувати зв'язки між ідеями, предметами, людьми (описати, інтегрувати);
- людський вимір – розуміння себе та здатність змінювати себе; розуміння та взаємодія з іншими (рефлексія, оцінка);
- увага – ідентифікація/зміна чийхось почуттів, інтересів, цінностей (рефлексія, інтерпретація);
- уміння навчатися – навчання того, як запитувати та відповідати на запитання, самоспрямоване навчання (критика, аналіз).

На нашу думку, в умовах, коли узгодження українських освітніх програм підготовки майбутніх інженерів з відповідними європейськими перетворюється з

віддаленої цілі на реальну необхідність, що підтверджується, зокрема, інтенсифікацією академічної мобільності студентів та відкриттям програм подвійних дипломів, використання ключових слів певної таксономії (за спільним вибором) дозволить спростити процедуру зіставлення програмових результатів.

Розроблення методів оцінювання, що будуть ефективними та об'єктивними за умов відходу від знанневої парадигми, є важливим завданням професійної підготовки інженерів, вирішення якого може здійснюватися за одним із наведених далі напрямів (Maffioli & Augusti, 2003):

1. Використання прямого оцінювання з деталізованим описом розподілу балів. Такий спосіб є найбільш поширеним, однак, розроблення критеріїв за таких умов здійснюється кожним закладом вищої освіти та кожним викладачем самостійно, що робить завдання зіставлення освітніх ступенів і зарахування кредитів різними університетами за результатами академічної мобільності доволі складним, навіть за умови використання певної уніфікованої шкали.

2. Оцінювання індивідуальних якостей та компетентностей студентів, що передбачає доповнення традиційних екзаменів деяким структурованим самооцінюванням та методами, що використовуються в спеціальних центрах сертифікації, – портфоліо, індивідуальні завдання тощо.

3. Залучення акредитаційних спілок та зовнішнє оцінювання якості підготовки випускників. Такий підхід є ефективним, що підтверджується діяльністю ABET, FEANI та інших акредитаційних та сертифікаційних агентств, однак нині його реалізація в Україні видається проблематичною.

У рамках першого з перерахованих напрямів вітчизняними дослідниками пропонуються авторські ідеї щодо оцінювання рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів як сукупності фахових і загальних компетентностей, як це, наприклад, відображено в праці Р. Пастушенка (Пастушенко, 2007). Автор пропонує визначати три рівні компетентності – високий, достатній і початковий та пов'язує їх з рівнями навчальної діяльності. Продуктивному рівню відповідає високий, продуктивно-репродуктивному – достатній, репродуктивно-продуктивному і репродуктивному – низький. Спільним

для запропонованих підходів є виділення ключових слів, що описують компетентність, та показників сформованості відповідних компетентностей.

Процедура оцінювання навчальних досягнень студентів для окремих освітніх компонентів має бути предметом активного обговорення для всіх викладачів, залучених до організації проектно орієнтованого навчання. Детальний опис системи оцінювання має бути прозорим, зрозумілим, обґрунтованим та доступним для студентів від початку занять (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009), що відповідає Стандартам та рекомендаціям щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти. За можливості, оцінювання результатів навчальної діяльності здійснюється колегіально (більш ніж одним викладачем) (ЕНЕА, 2015).

Надзвичайно важливо вибудувати раціональний підхід, у рамках якого буде можливим оцінити рівень сформованості не лише фахових компетентностей, а й загальних. Зазначимо, що оцінювання рівня сформованості загальних компетентностей, таких як, наприклад, здатність працювати в команді чи проводити зустрічі є складнішим завданням, аніж оцінювання знань студентів традиційними методами (Powell, 2004). У зв'язку з цим слід ще раз наголосити на важливості відповідального ставлення інструкторів груп до своїх обов'язків, оскільки саме вони мають можливість спостерігати за роботою студентських груп, звертаючи увагу на різні аспекти діяльності студентів (відповідальне ставлення до виконання обов'язків у групі, вміння співпрацювати, що проявляється через обмін ідеями, повагу до інших поглядів на вирішення проблеми, вміння знаходити компромісні рішення тощо).

Низка вітчизняних та зарубіжних досліджень останніх років стосується вивчення професійної рефлексії як певного особистісного конструкта, що утворюється суб'єктом під час взаємодії з конкретним видом професійної діяльності та в партнерстві з групою людей, що реалізують спільну діяльність (Побірченко & Цибулько, 2013). На нашу думку, розвиток професійної рефлексії пов'язаний саме зі змінами рівня сформованості загальних компетентностей студентів, тому як складову системи оцінювання навчальних досягнень (що працює і для визначення того, наскільки ефективно організована проектна діяльність)

необхідно вводити самооцінювання, що реалізується з використанням анкет, щоденників, опитувань з відкритими відповідями тощо.

У випадку проектно орієнтованої діяльності система оцінювання навчальних досягнень студентів передбачає оцінювання процесу виконання завдання, результатів проекту та їх представлення (Powell, 2004; Kloppeborg & Baucus, 2004; Cestone, Levine, & Lane, 2008). На практиці подібні підходи використовуються в різних університетах, що детально описано в низці праць (Urbanic, 2011; Chowdhury, 2013; Peeters, Londers, & Van der Hoeven, 2014).

Слід наголосити, що проектна діяльність студентів є освітньою стратегією, тому в процесі побудови системи оцінювання слід розрізнити результат проектування (виконану за результатами проекту розробку) та результат використання освітньої стратегії, який виражається у формуванні та розвитку в студентів фахових та загальних компетентностей.

Приклад структури системи оцінювання навчальних досягнень студентів представлений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Структура системи оцінювання навчальних досягнень студентів

Вид діяльності	Хто оцінює	Відсоток балів
Процес виконання завдання		35%
Щоденник проекту	Інструктор	5%
Активність студента	Інструктор	10%
Запит на виконання інженерного проекту	Інструктор	10%
Проміжний звіт	Інструктор	10%
Отримані результати		40%
Експертне оцінювання підсумкового звіту (його зміст)	Викладач цієї спеціальності (не інструктор) або залучений експерт	30%
Стиль викладу матеріалу та структура підсумкового звіту	Викладач цієї спеціальності (не інструктор) або залучений експерт	10%
Презентація		25%
Усна презентація	Експертна група в складі трьох викладачів	15%
Відповіді на запитання	Експертна група в складі трьох викладачів	10%

Щоденник проекту є документом, який кожен зі студентів заповнює індивідуально. Такий щоденник повинен містити інформацію про прогрес у процесі виконання проекту, наприклад, список опрацьованих джерел, спроектовані та розроблені модулі програмного забезпечення тощо. Термін «активність студента», ужитий у таблиці 4.2, означає внесок студента в забезпечення ефективного функціонування команди, відповідальне ставлення до завдання, здатність ефективно спілкуватися з іншими учасниками команди.

Запит на виконання проекту готується у формі типового подання (на зразок запиту на фінансування проекту МОН тощо). Він має містити назву проекту, список учасників команди, коротку інформацію про їхній попередній досвід, коротку анотацію та ключові слова проекту (українською та англійською мовами), мету проекту та огляд сучасного стану наявних інженерних рішень проблеми, основні ідеї та пропозиції щодо його реалізації (Луценко & Бевз, 2015). Проміжний звіт має подібну структуру, але містить також короткий опис інженерних та фінансових аспектів проекту. Слід зазначити, що форма запиту на виконання проекту за переліком основних позицій є тотожною сучасним грантовим заявкам. Така діяльність студентів має на меті формування навичок написання грантових пропозицій, описів власних стартапів, що також ґрунтується на вмінні опрацьовувати і представляти інформацію. Проміжні звіти допомагають інструкторам оцінити попередні результати діяльності студентів та запропонувати певні виправлення, якщо це потрібно.

У випадку проектів невеликої тривалості та масштабу проміжний звіт може бути розробленим у вигляді Google Форми, відкритої до заповнення через середовище Moodle (рис. 4.3). Керівники проектів можуть встановлювати часові рамки для заповнення такої форми, надавати можливість завантаження додаткових файлів, коментарів тощо. Підсумковий звіт готується групою студентів у письмовій формі. З метою забезпечення об'єктивного експертного оцінювання отриманих результатів письмові результати розподіляються між викладачами певної спеціальності, без залучення інструкторів груп. Обов'язковим аспектом є забезпечення всіх викладачів, які виконують перевірку підсумкових звітів

відповідними методичними рекомендаціями, які містять чіткі та об'єктивні критерії оцінювання. Оцінювання підсумкових письмових звітів передбачає оцінювання змістової частини, структури та посилань на опрацьовані джерела.

	Так	Ні
Логотип проекту	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Короткий опис сайту (на головній сторінці)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Меню	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Контактні дані розробників	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Функція пошуку	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Функція вводу даних (для вирішення задачі)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Графічний елемент, на якому виконується побудова сил, епюрі і т.д.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Рис. 4.3. Приклад Google Форми проміжного звіту проекту

У випадку завдань, пов'язаних з проектуванням систем управління, письмові звіти повинні містити план проекту, робочі та організаційні структури, діаграми Ганта, оцінювання коштів тощо, а також детальний опис внеску кожного з учасників групи. Оцінювання якості проекту передбачає аналіз часу, відведеного на виконання завдань проекту, вибір зв'язків, розподіл ресурсів тощо.

Усна презентація вміщує доповіді кожного з учасників групи, що працювала над проектом. Комісія у складі викладачів спеціальності (за умови, що жоден з них не виконував функцій інструктора групи), викладачів інших кафедр оцінює представлені доповіді. Надзвичайно позитивним є досвід залучення зовнішніх експертів до роботи в комісії. Методичні рекомендації до оцінювання навчальних досягнень студентів містять перелік видів діяльності студентів під час презентації та критерії їх оцінювання (рубрики). Після завершення усної презентації виділяється час для вільного обговорення. Присутні студенти обов'язково мають залучатися, вільно висловлюючи думки та враження щодо представлених проектів. За можливості доречно організувати онлайн голосування за кращий проект (для

цього результати проектів репрезентуються попередньо на сайті ЗВО, в Moodle або Google Scholar тощо).

Зазначимо, що описаний спосіб оцінювання може й має модифікуватися залежно від тривалості проекту, кількості виконавців, специфіки продукту, що проектується, тощо. Окремі приклади оцінювання результатів діяльності студентів наведено в наступних підрозділах.

4.2. Проектування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

У сучасних умовах формування змісту професійної освіти відбувається з дотриманням наведених далі принципів (Хуторской, 2007):

- необхідність урахувати сучасні потреби суспільства;
- забезпечення єдності змістового і процесуально-діяльнісного аспектів навчання, що передбачає введення до змісту освіти діяльнісних компонентів: цілепокладання, планування, освітніх технологій;
- зміст освіти має формуватися відповідно до цілей обраної моделі, залишаючись відкритим до змін;
- дотримання структурної єдності змісту освіти для різних її рівнів і на міждисциплінарному рівні;
- доступність й доцільність визначеного змісту освіти (структура й обсяги навчальних планів, програм, підручників, оптимальної кількості матеріалу, що вивчається).

Розглянемо застосування наведених принципів у контексті проектно орієнтованого навчання. Як було детально продемонстровано, проектування в різних аспектах (інженерне проектування та управління проектною діяльністю в процесі створення інженерних об'єктів чи процесів) є контекстом інженерної діяльності в сучасних умовах. Відповідно, упровадження проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання відповідає сучасним потребам суспільства,

дозволяючи забезпечити єдність змістового і процесуально-діяльнісного аспектів навчання. В умовах, коли відбувається перманентне оновлення змісту навчальних дисциплін у зв'язку з появою нових програмних та апаратних засобів, які використовуються інженерами (що можна дуже добре спостерігати на прикладі еволюції мов та інструментарію програмування і веб-програмування), перевагами проектно орієнтованого навчання є його адаптивність і гнучкість, можливість застосовувати для студентів із різним початковим рівнем підготовки (Dochy, Sefers, Vab deb Bosseche, & Gijbels, 2003; Beddoes, Jesiek, & Borrego, 2010).

Важливо, що застосування проектно орієнтованого навчання відповідає концепції неперервної освіти й може впроваджуватися на всіх її рівнях з використанням проектів різної тривалості та складності.

Досліджуючи шляхи реалізації інтеграційних підходів у системі інженерної освіти, В. Курок окреслює нові підходи до конструювання змісту учіння, серед яких (Курок, 2017):

- перехід від вербалізованого представлення змістового наповнення до сприйняття його через формулювання проблем та експериментальну перевірку;
- визнання важливості математичного моделювання;
- визнання принципу саморегуляції процесу учіння та ймовірності спрямування за умов дії певних регламентаційних дидактичних підходів.

Дотримання принципу структурної єдності змісту освіти для різних рівнів освіти і на міждисциплінарному рівні забезпечується шляхом упровадження гібридного навчання. Для системи української вищої школи гібридне навчання є максимально зручним способом поступової модернізації освітніх програм, адже дозволяє поєднати усталену структуру підготовки студентів та інноваційні підходи.

Для гібридного навчання обов'язковим кроком є визначення чіткого обсягу кредитів ECTS, що відводяться на проектну діяльність студентів. Наприклад, Ольборзька модель пропонує співвідношення 50 % / 50 %. У кожному навчальному семестрі 15 кредитів ECTS відводиться на традиційні навчальні курси та 15 кредитів ECTS – на виконання студентських проектів, завданням яких є вирішення

інженерних проблем. В інших університетах це співвідношення може варіюватися (наприклад, 80 % навчального навантаження відводиться на традиційні навчальні курси та 20 % – на проектно (проблемно) орієнтоване навчання). У кожному окремому випадку вирішення питання про відсоток часу, що виділяється на вирішення проблемних завдань у рамках студентських проектів, необхідно обговорювати і на рівні викладачів, і на адміністративному рівні.

На рис. 4.4 наведено приклад структури, яку може мати освітня програма, розроблена з урахуванням упровадження проектно орієнтованого навчання.



Рис. 4.4. Структура освітньої програми, розробленої на засадах проектно орієнтованого навчання

Виділяються два можливі підходи до впровадження гібридного навчання: впровадження на рівні окремих курсів та використання системного підходу (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009). За умов упровадження на рівні окремих курсів проблемні завдання стосуються матеріалу лише окремої навчальної дисципліни. У випадку системного підходу лекції з різних курсів мають узгоджені програмові результати навчання, зміст навчального матеріалу, проекти, що пропонуються студентам. Системний підхід передбачає формування й спільного бачення системи оцінювання навчальних досягнень студентів.

Принциповим у будь-якому випадку є врахування думки викладачів усіх дисциплін, унесених до навчального плану. Очевидно, що для цього потрібно проводити спеціальні консультації серед викладачів навчальних дисциплін, що належать до різних циклів дисциплін. Окрім того, на початкових етапах оновлення навчальних планів доречно проводити також тренінги чи спеціальні семінари для

професорсько-викладацького складу з метою роз'яснення специфіки проектно орієнтованого навчання, його переваг та труднощів.

Під час планування навчального навантаження доречно використовувати години, відведені на виконання курсових, розрахунково-графічних робіт, частково лабораторних робіт чи практичних занять, саме на вирішення проблемних завдань та виконання проектів. При цьому змінюється не стільки наповнення освітньої програми чи розподіл предметів, скільки підхід до них, що дозволяє підвищити ефективність підготовки студентів.

Упровадження проектно орієнтованого навчання, починаючи з першого курсу, є непростим, але потрібним завданням. Традиційно система середньої школи готує випускників передовсім для отримання максимально високих балів за результатами оцінювання, що гарантує вступ до ЗВО. Тобто ведеться підготовка до розв'язання тестових завдань, що є неприпустимою навчальною стратегією навчання в університеті (незалежно від обраної спеціальності). Залучення студентів першого курсу до проектної діяльності дозволяє сформувати в них уявлення про сутність інженерної діяльності в цілому. Основний акцент при цьому має здійснюватися на формуванні загальних компетентностей, що створять основу для їхньої подальшої діяльності. До питань, що доцільно розглянути, належать роль інженерної діяльності в сучасному світі, відповідальність за результати професійної діяльності, методологія управління проектами, пошук інформації та її опрацювання, навички усної та письмової комунікації, презентації отриманих результатів тощо.

Для впровадження гібридного навчання всі дисципліни відповідної освітньої програми аналізуються з метою виявлення потенційних завдань, що можуть вирішуватися студентами.

Готуючи приклад планування розподілу завдань, ми звернулися до навчальних планів інженерної спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Було вибрано всі навчальні дисципліни, що належать до циклів математичної, природничої та професійної підготовки, та згруповано

відповідно до кількості проблемних завдань, що виносяться на опрацювання протягом кожного семестру (таблиця 4.3) (Луценко, 2017а).

Типовим прикладом проблемного завдання для студентського проекту може бути розроблення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів (Проблеми П2, П4, П5); розрахунок параметрів реальних установок (механічних, теплотехнічних, електричних); розроблення інформаційних систем різного призначення (П6); конструювання вимірювальних установок (П14, П15, П17) тощо.

Загальне формулювання проблемного завдання, що вирішується в ході реалізації проекту, є таким: студенти повинні обрати реальну проблему відповідно до їхньої спеціалізації; розробити інженерний проект вирішення такої проблеми з оперттям на знання проектного менеджменту та використання відповідного програмного забезпечення; розробити відповідний об'єкт, процес або систему й репрезентувати отримані результати (Kloppenborg & Vaucus, 2004; Urbanic, 2011).

Таблиця 4.3

**Планування розподілу модулів гібридного навчання на прикладі
навчального плану для студентів спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології**

Курс	Семестр	Проблеми	Міждисциплінарні зв'язки
1	2	3	4
1	1	П1	Фізика Інженерна та комп'ютерна графіка
		П2	Фізика Алгоритмізація і програмування
		П3	Вища математика Комп'ютерна техніка і організація обчислювальних робіт (ООР)
	2	П4	Фізика Інженерна та комп'ютерна графіка
		П5	Фізика Алгоритмізація і програмування
		П6	Вища математика Комп'ютерна техніка і ООР
2	1	П7	Прикладна механіка та основи конструювання Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
		П8	Фізика Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем
		П9	Гідрогазодинаміка Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем
	2	П10	Вища математика, Фізика Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем
		П11	Термодинаміка і теплотехніка Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем
3	1	П12	Фізика Числові методи і моделювання на ЕОМ
		П13	Теорія ймовірностей та випадкові процеси Технологія розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем
	2	П14	Теорія автоматичного керування Автоматизація технологічних процесів
		П15	Електроніка та мікропроцесорна техніка Числові методи і моделювання на ЕОМ Системи проектування, ідентифікації та моделювання
4	1	П16	Теорія автоматичного керування Електроніка та мікропроцесорна техніка
		П17	Автоматизація технологічних процесів Технічні засоби автоматизації
	2	П18	Основи роботизованого виробництва Архітектура комп'ютерних систем і мереж
		П19	Системи проектування, ідентифікації та моделювання Теорія ймовірностей та випадкові процеси Основи комп'ютерно-інтегрованого управління

У результаті студенти одночасно повинні знайти способи, як вирішити інженерну проблему, як організувати процес практичної діяльності з вирішення даної проблеми та як представити виконану розробку. Такий підхід відповідає вимогам до проектної діяльності в цілому, адже, як зазначалося в 3.1, характерною рисою проектів є їх спрямованість на результат.

У рамках запропонованого загального формулювання вимоги до проекту деталізуються шляхом віднесення проекту чи проблемного завдання до одного з наступних типів:

– експериментальна розробка – створення нового об'єкта, процесу чи системи відповідно до технічного замовлення, сформованого стейкхолдерами. Завданням є виконання проектних процедур у рамках засвоєних під час лекцій та відпрацьованих під час лабораторних робіт процедур. При оцінюванні основна увага звертається на відповідність виконаної розробки вимогам замовника;

– оптимізація – пошук покращеного за низкою показників рішення для вже вирішеної проблеми чи наявної розробки. Основний акцент проектів такого типу припадає на вміння творчого опрацювання матеріалу. Завданням студентів є розроблення комплексу тестових процедур, що дозволять ідентифікувати аспекти, що потребують удосконалення, та способів реалізації;

– вирішення проблеми – самостійна ідентифікація слабкоструктурованої проблеми та пошук шляхів її вирішення з використанням засвоєних під час лекцій та відпрацьованих під час лабораторних робіт процедур. Основний акцент варто зробити на вмінні будувати міркування та перетворювати їх на сплановану діяльність;

– винахідництво – самостійна ідентифікація слабкоструктурованої проблеми та пошук шляхів її вирішення з розробленням оригінальних методів та підходів. Основний акцент варто зробити на творчому мисленні, винахідництві, умінні синтезувати рішення в умовах невизначеності.

Середня кількість проблемних завдань у одному семестрі становить 2–3 завдання. Звичайно, поєднання дисциплін може змінюватися, залежно насамперед від складності проблем, що виносяться на опрацювання. Інженерна проблема, що виносяться на вирішення студентами, пов'язана з дисциплінами, які вивчалися раніше чи вивчаються у поточному семестрі. Як було зазначено в дослідженні Кевіна Гавіна (2011), з метою збереження ієрархічної структури інженерної підготовки такий гібридний підхід є дуже доречним.

Зазначимо, що у наведеній таблиці 4.3 ми групували лише дисципліни, що вивчаються в одному навчальному семестрі. Звичайно під час планування слід урахувати й зв'язки між дисциплінами з різних навчальних семестрів. Інформація про міждисциплінарні зв'язки має бути детально опрацьована та представлена в навчально-методичних матеріалах. Приклади впровадження проектно орієнтованого навчання для проблем П7, П11 і П19 ми наведемо нижче.

У контексті проектування змісту навчального матеріалу однією з типових проблем навчальних планів для майбутніх інженерів є наявність перетинів тем, що розглядаються під час вивчення різних дисциплінах. Дієвим способом оптимізації змістового наповнення є вивчення таких перетинів та оцінювання їх інтенсивності шляхом організації опитувань викладачів циклів математичних, природничо-наукових та інженерних дисциплін. При цьому чітко має ідентифікуватися, коли такі перетини є позитивними у сенсі закріплення гносеологічної та процесуальної складових, а коли призводять до нераціонального використання навчального часу.

Відповідно до ролі навчальних дисциплін у формуванні фахових компетентностей видається доречним звернутися до класифікації, запропонованої в рамках концепції CDIO і поширити її на проектну діяльність (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014) (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4

Навчальні дисципліни й види навчальної діяльності

	Результати навчання	Навчальні дисципліни й види навчальної діяльності	Оцінка
Ввідна	Неявне відображення фахових компетентностей у програмових результатах навчання	Фахові компетентності формуються опосередковано	Рівень сформованості не оцінюється
Навчальна	Фахові компетентності використано для формулювання програмових результатів навчання	Фахові компетентності формуються при виконання завдань	Рівень сформованості контролюється й інколи оцінюється
Застосування	Фахові компетентності формуються як суміжний результат	Фахові компетентності використовуються для формування інших фахових компетентностей	Рівень сформованості використовується для оцінювання інших результатів

Для студентів вирішення проблеми відбувається не в «ідеальному» навчальному середовищі, а за умов, що максимально відповідають «реальному» світу з його обмеженнями (час, матеріальні ресурси, трудові ресурси тощо). Усі етапи життєвого циклу інженерного продукту (чи системи) мають бути розплановані, як і економічні аспекти (придбання необхідних деталей, оплата послуг тощо). Таким чином, для проблеми, над якою працюють студенти, не існує єдиного «коректного» вирішення. На практиці вихідний перелік можливих тем робіт готується викладачами. Значущими факторами є відповідність дібраних завдань навчальному профілю студентів та їх реалістичність. Тому база тем проектів має змінюватися щороку, так само варто намагатися знаходити можливість утілення мультидисциплінарних проектів, добираючи для них теми в співпраці з колегами з інших кафедр відповідного навчального закладу. Як показує досвід упровадження проектів, на вибір їх тематики впливають такі фактори: стан поточних зв'язків університету та місцевої індустрії; обмеженість фінансових можливостей університету; інтереси студентів.

Економічні процеси останніх 10–15 років істотно вплинули на специфіку виробництва в багатьох регіонах України, де наразі спостерігається інтенсифікація розвитку ІТ сфери. Серед місцевої індустрії переважають середні та малі компанії, орієнтовані на виконання середньострокових проектів і розроблення систем автоматизації широкого спектру призначення. Відповідно, на ринку праці існує потреба в підготовці спеціалістів, що можуть розробляти апаратно-програмні комплекси в рамках становлення Інтернету речей. На жаль, для середніх та невеликих компаній основною формою співпраці з університетами є проходження студентами практики в компанії (СКМ, 2013). Це пояснюється тим, що компанії такого масштабу, як правило, орієнтовані на підтримку поточних проектів і не можуть (з економічних міркувань) дотримуватися довгострокової стратегії розвитку, утворюючи спеціальне робоче місце для працівника, який відповідатиме за взаємодію з навчальними закладами та роботу зі студентами.

Реалізація проектів на базі компаній ускладнюється тим фактором, що для замовників інтерес становить виключно кінцевий продукт, який буде отримано за

результатами проекту, особливо в умовах, коли компанія фінансує процес розроблення. Як правило, замовники формують чіткі вимоги до кінцевого продукту. Таке бачення проектної діяльності студентів суперечить трактуванню проектів як особливої педагогічної технології, основним завданням якої є навчання студентів та формування у них визначених компетентностей.

Таким чином, для добору тем проектів і їх організації доводиться шукати й інших потенційних замовників. Замовниками, як вже зазначалося, можуть бути викладачі інших кафедр відповідного навчального закладу (біологи, екологи, хіміки, фізики тощо). Така співпраця дозволяє хоча б частково вирішити проблему фінансування студентської проектної діяльності, адже вони отримують можливість використовувати обладнання інших підрозділів. Однак викладачі, які погоджуються співпрацювати, все ж переважно зацікавлені проектами, пов'язаними з тематикою саме їхньої дослідницької роботи, тому ідеї проектів та терміни їх реалізації складно узгодити з вимогами графіка навчального процесу.

Перелік тем проектів пропонується студентам в електронній формі. Надалі вони мають можливість проаналізувати його і надіслати власні пропозиції. Слід зазначити, що більшість студентів інженерних спеціальностей мають досвід попередньої роботи (під час канікул або виробничої практики). Ще однією тенденцією останніх років є активне працевлаштування студентів 4–6 курсів. Як правило, ці студенти вже мають певне уявлення про бажане місце працевлаштування після завершення навчання, тому доволі часто студентські пропозиції щодо тематики завдань відповідають цьому уявленню.

4.3. Форми, методи й засоби проектно орієнтованого навчання майбутніх інженерів

Світовий досвід останніх років підтверджує, що розвиток у студентів широкого спектру фахових і загальних компетентностей, підготовка їх до роботи в сучасному світі, де фахівцям одного профілю доводиться співпрацювати із

колегами з різних галузей, активізація пізнавального інтересу неможливі без упровадження в освітній процес інноваційних педагогічних технологій, спрямованих на розвиток професійних та особисто значущих якостей. Підвищення якості навчання у процесі професійної підготовки майбутніх інженерів є однією зі стратегічних цілей, отже, заклади вищої освіти мають сприяти діяльності викладачів, спрямованій на постійне вдосконалення власної професійної майстерності (Henard & Roseveare, 2012). Компетентнісна парадигма, що визначається нами як основа професійної підготовки майбутніх інженерів, дозволяє холістично та несуперечливо впроваджувати зміни для змістової, процесуальної та результативної складових освітніх програм, усуваючи проблемні моменти, визначені вище. Зупинімося детальніше на процесуальних аспектах, пов'язаних з процесом навчання.

Детальне порівняння особливостей *предметно та викладацько орієнтованого навчання* та *інноваційного студентоцентрованого навчання* в контексті освітньої програми підготовки, орієнтованої на програмові результати навчання, здійснено в праці А. Колмос та ін. (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009). Так, за умов використання традиційного предметно орієнтованого навчання його результати пов'язуються з окремою навчальною дисципліною та є орієнтованими на опанування вузьких дисциплінарних знань, тоді як інноваційні підходи надають величезного значення формуванню мультидисциплінарних знань, практичних умінь і навичок та здатності до їх використання у професійній діяльності.

Щодо типу завдань, що їх доводиться вирішувати студентам, то для предметно орієнтованого навчання характерним є використання вузьких, строго визначених завдань, що вирішуються в рамках навчальних проектів, прив'язаних до однієї дисципліни як за змістом проекту, так і за організаційними аспектами його реалізації. Основою для виконання проектів є матеріал, представлений на лекціях чи в навчально-методичних матеріалах, що обмежує пошукову діяльність студентів та їхню пізнавальну активність у цілому. Викладач виступає в ролі суб'єкта, що визначає всі аспекти процесу навчання. Для інноваційного студентоцентрованого навчання властивим є використання завдань, що не мають відомого наперед

розв'язку не лише для студентів, а на етапі постановки й для викладача (відкритих), а лекційні заняття при цьому спрямовані на підтримку виконання проектів, пов'язаних із різними дисциплінами. В умовах традиційного навчання в навчальному плані, зазвичай, відсутні спеціалізовані курси, спрямовані на допомогу студентам у їх підготовці до вирішення проблем та виконання проектів (Crawley, 2002). Студентська діяльність за умов предметно орієнтованого навчання спрямована на отримання знань, а не на їх конструювання. Особливою рисою інноваційного студентоцентрованого навчання є організація такої співпраці студентів, яка передбачає досягнення результату, спільного для всіх членів групи. За таких умов викладачі діють радше як консультанти (фасилітатори), зберігаючи функції одного з джерел інформації. Така інтерактивна природа інноваційних методів забезпечує активну взаємодію, діалог викладача й студента.

Оцінювання у випадку традиційного навчання є індивідуальним та сумативним, тоді як інноваційні методи передбачають використання оцінювання роботи студентів у групах та формативне оцінювання. Сумативне оцінювання відбиває підсумки навчальної діяльності студента у прив'язці до певного моменту часу, обмежуючись, як правило, традиційними екзаменами й залишаючи поза увагою інші види діяльності. Формативне оцінювання здійснюється на початку або в ході виконання навчальної програми й постає як джерело інформації про успішність засвоєння результатів навчання як для викладачів, так і для студентів (Волошинов, Сокол, & Тригуб, 2015).

Зауважимо, що використання традиційних навчальних підходів зовсім не означає цілковитої відсутності окремих інноваційних елементів. Наведемо, як приклад, низку авторських педагогічних підходів, що орієнтуються на активні методи навчання (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014):

1. *Метод темних плям (Muddiest-Point-of-the Lecture)*. Цей метод спрямований на виявлення в студентів прогалин у розумінні навчального матеріалу. При застосуванні цього методу необхідно після завершення лекції попросити студентів подумати про те, що вони дізналися й чого навчилися, і написати на заздалегідь підготовлених картках, які поняття чи ідеї залишилися

незрозумілими для них. Після опрацювання карток викладач може підготувати додаткові методичні матеріали та розмістити їх з використанням електронного навчального середовища чи виділити час для їх обговорення на наступному занятті.

До позитивних рис цього матеріалу слід віднести необхідність для студентів проаналізувати матеріал лекції, обдумати та систематизувати поняття, що були розглянуті. З іншого боку, цей метод вимагає доволі значного часу, особливо на початкових етапах його впровадження.

2. Перехресне навчання. У рамках цього методу викладач пропонує студентам відповісти на запитання тесту, в якому частина відповідей не просто є хибними, а такими, що відповідають найтипovішим помилкам студентів.

Безпосередня реалізація цього методу вміщує декілька етапів. На першому з них студентам пропонуються запитання та різні варіанти відповідей на них. На наступному – студенти мають відповісти на ці запитання, причому відповіді відразу оприлюднюються в групі. Якщо в групі студентів виникають суперечності стосовно того, яка із запропонованих відповідей є правильною, їм надається декілька хвилин на те, щоб переконати опонентів у правильності власної позиції. Основна мета цього етапу – спонукати студентів до самостійного розмірковування та розвивати вміння аргументовано представити власну позицію. Після завершення обговорення студенти ще раз відповідають на запитання, які викликали труднощі. Наприкінці викладач підбиває підсумки обговорення, звертаючи увагу на ключові моменти проблемних питань.

3. Тести на повторення матеріалу. Цей метод використовується для актуалізації матеріалу, що розглядався на попередніх заняттях. Як правило, короткий тест пропонується студентам на початку заняття. При цьому вони мають можливість звертатися до конспектів для того, щоб відповісти на запитання, користуватися іншими джерелами інформації, обговорювати можливі відповіді з іншими студентами. Зазначимо, що запитання тесту мають стосуватися не фактичних знань, а саме специфіки їх трактування. Після тестування викладач пояснює, які відповіді є правильними й чому.

Наведені авторські ідеї є надзвичайно цікавими, однак вони не формують системного підходу, оскільки їх застосування та ефективність залежать виключно від індивідуальної педагогічної майстерності викладачів.

Таким чином, мова йде насамперед не про роль, яку відіграють окремі активні методи навчання в рамках певної навчальної дисципліни (чи ініціатива окремого викладача), а про системний та цілеспрямований вплив інноваційних підходів на якість підготовки майбутніх фахівців, тобто про формування певної педагогічної технології.

Згідно з визначенням, наведеним у «Glossary of educational technology» («Словнику термінів освітніх технологій»), *педагогічна технологія* є системним методом створення, використання і представлення процесу навчання загалом з урахуванням технічних і людських ресурсів та взаємодії між ними з метою оптимізації форм освіти (UNESCO, 1986). Педагогічна технологія наділена наступними ознаками системи: логіка процесу, взаємозв'язок частин, структурна і змістова цілісність, доцільність, інтенсивність процесів. Звернімо увагу на дилему, що постає під час проектування педагогічної технології. З одного боку, запропоновані технології навчання повинні мати ознаки стандартизації та уніфікації процесу навчання, можливості відтворення та тиражування стосовно заданих умов. З іншого, для освітньої реальності властивий специфічний зв'язок між учасниками освітнього процесу. В освітній реальності викладач є частиною соціального явища, а також носієм певних цінностей, ідей, переконань тощо і тому він не є повністю незалежним чи нейтральним стосовно освітніх явищ. Окрім того, освітні явища є надзвичайно варіабельними в часі й просторі.

Таким чином, наше дослідження спрямоване на визначення дієвої системи підходів до провадження освітньої діяльності, що не будуть пов'язані з певним профілем інженерної підготовки чи змістовим наповнення освітніх програм, а відповідатимуть за формування продуктивних умов здійснення професійної підготовки майбутніх інженерів.

До основних факторів, що зумовлюють необхідність впровадження змін до чинних методів навчання, а також системи оцінювання, належать:

- перехід до орієнтованих на студента навчальних підходів, спрямованих на засвоєння широкого спектру компетентностей;
- зростання вимог до здатності випускників до працевлаштування, а саме формування практично орієнтованих навичок;
- зарахування на інженерні спеціальності студентів, здатності яких проявляються в різних видах інженерної діяльності (аналітичні розрахунки, програмування, конструювання, управління проектами тощо) та розвиток різних стилів навчання;
- доступність зростаючої кількості можливостей для дистанційного навчання, що потребує та підтримує гнучкі підходи до навчання студентів у різних навчальних середовищах;
- модернізація освітніх програм з фокусуванням на комплексних результатах, виражених у термінах компетентностей.

Професійна підготовка інженерів завжди передбачала широкий спектр видів навчальної діяльності студентів: лекції, лабораторні роботи, курсові та розрахунково-графічні роботи, практика на виробництві, випускні роботи. Проте слід зазначити, що більшість із наведених видів навчальної діяльності реалізовувалася у рамках знаннєвої парадигми.

Зважаючи на той факт, що основним процесуально-операційним компонентом системи професійної підготовки майбутніх інженерів є проектно орієнтоване навчання, деталізуємо ключові аспекти його впровадження.

У кожному з випадків тривалість проекту має відповідати складності проблеми та враховувати вимоги графіка навчального процесу. Доречно при визначенні термінів проектів накопичувати та опрацьовувати відомості, надані студентами про те, який час їм довелося виділити на виконання завдань проекту.

Надзвичайно доречною є розроблення електронної системи підтримки навчальної діяльності студентів в умовах упровадження проектно орієнтованого навчання. Така система забезпечить студентам постійний доступ до необхідних навчально-методичних матеріалів та сприятиме формуванню «дружнього» навчального середовища.

Увага також має приділятися організаційним аспектам співпраці студентів та викладачів, що є консультантами. Мова йде про розроблення оптимальної з погляду інформативності системи поточних звітів студентів про результати їхньої діяльності, розроблення графіка зустрічей студентів та консультантів, дотримання якого має бути обов'язковою умовою. Серед вимог, що мають бути чітко визначені для студентів, важливе значення має якість оформлення результатів виконаної роботи в контексті їх оригінальності та дотримання вимог до відображення всіх джерел, використаних у процесі роботи, вимог академічної доброчесності.

Усі вимоги до виконання проблемних завдань, сформовані та узгоджені викладачами різних дисциплін, списки компетентностей та програмових результатів навчання, а також деталізована (із зазначенням кількості балів за кожен із видів навчальної діяльності) система оцінювання мають бути доступними для студентів до початку роботи над завданнями.

Обраний формат організації навчального процесу може бути новим для студентів, особливо коли мова йде про молодші курси. Тому належна підтримка їх у сприйнятті та усвідомленні їхньої нової, більш незалежної, але при цьому більш відповідальної ролі в навчальному процесі є надзвичайно важливим питанням. Відповідно, на початку семестру має організовуватися спеціальна зустріч, метою якої є допомогти студентам зрозуміти, як влаштовуватиметься робота команд, а саме спільне прийняття рішень та обмін знаннями та ідеями. Така зустріч має повторюватися за потреби. Розроблені для студентів навчально-методичні матеріали мають містити теоретичні відомості з проектного менеджменту, вимоги до змістової частини та структури проектної документації, усних доповідей тощо.

До ідей, які можуть реалізовуватися в системі проектно орієнтованого навчання, належить утворення груп зі студентів різних років навчання. Перевагою при цьому є скорочення адаптаційного періоду для студентів молодших курсів, які лише долучаються до виконання проектів. Умовою реалізації такого підходу до утворення проектних колективів є планування та виконання довготривалих (принаймні більш, ніж один навчальний рік) і масштабних проектів. Можливим варіантом є залучення студентів молодших курсів до підтримки та вдосконалення

вже створеного об'єкта, процесу чи системи. Особливо важливим це є для програмних розробок, що потребують постійної технічної підтримки як для виконання найпростіших дій – унесення нової інформації чи редагування вже наявної, так і для істотної модернізації таких систем після виходу нових версій продукту чи закінчення терміну підтримки попередніх. Такий варіант взаємодії між студентами різних курсів, на нашу думку, простіше реалізувати при виконанні проектів з академічної сфери, замовниками яких є викладачі інших кафедр, інститутів, науково-дослідних підрозділів тощо. У такому випадку спрощується організація доступу студентів до наявних розробок та менш імовірною є втрата контакту з замовником з певних причин.

Команди з 3–4 студентів також мають утворюватися протягом першого начального тижня. Слід відзначити, що підходи до формування студентських груп є надзвичайно різноманітними – за вибором студентів, випадковим чином, з урахуванням попередніх академічних досягнень студентів, гендерного балансу тощо. На нашу думку, протягом усього циклу навчання варто поступово застосувати кожен з можливих варіантів насамперед для уникнення ситуацій з некоректним розподілом обов'язків між студентами всередині сформованих груп та з метою наближення умов діяльності до реальних обставин (Луценко, 2017в).

Як правило, після визначення складу команд студенти створюють приватні групи в соціальних мережах чи програмах-месенджерах для спілкування та обміну файлами. Для спілкування на більш офіційному рівні доречно використовувати системи управління навчальним процесом (Луценко & Луценко, 2010). У своєму становленні автоматизовані системи дистанційної підтримки навчальних дисциплін пройшли шлях від сайтів (Боть & Луценко, 2009; Луценко & Луценко, 2009б; Луценко, Люта, Головенський, & Сторчак, 2012), що розроблялися, як правило, за ініціативи окремих викладачів, до повноцінних середовищ, що використовують найсучасніші досягнення у сфері інформаційних технологій.

В українських університетах уже протягом багатьох років використовується середовище MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), завдяки чому студенти мають повний доступ до всіх навчально-методичних

матеріалів і можуть спілкуватися з викладачами в чаті (рис. 4.5). Наразі альтернативою MOODLE дедалі частіше є сервіс Google Classroom, який дозволяє викладачам використовувати такі інструменти, як Google Drive, поштовий сервіс Gmail тощо.

Належна підготовка викладачів, які виконують обов'язки інструкторів студентських груп, є надзвичайно важливою. Серед питань, з якими інструкторам доводиться стикатися в процесі виконання завдань, відзначимо такі: як діяти, якщо студенти роблять помилку чи приймають хибне рішення; як діяти, якщо виникають організаційні проблеми в команді на рівні міжособистісного спілкування студентів (наприклад, щодо розподілу обов'язків у групі); як діяти, якщо внаслідок невиконання одним зі студентів частини завдання під загрозою опиняється робота команди загалом. Такі застереження є абсолютно обґрунтованими.

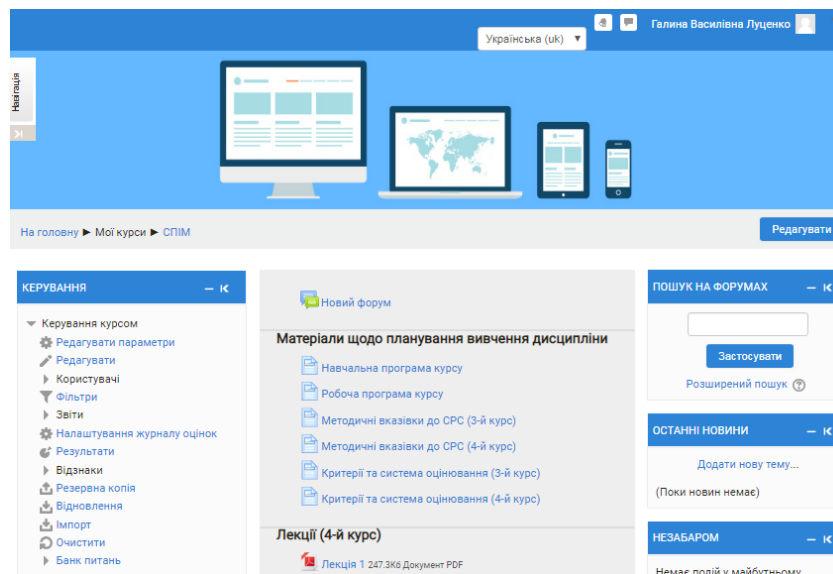


Рис. 4.5. Відображення сторінки навчальної дисципліни в MOODLE

Зважаючи на очевидну неможливість передбачити всі ситуації, було визначено основні завдання інструкторів, виконання яких є пріоритетним. Сформований перелік охоплює такі позиції:

- проведення регулярних консультативних зустрічей зі студентськими групами з метою надання технічних консультацій;
- перевірка запитів на виконання проектів, які готуються студентами, та проміжних звітів, причому не лише з метою безпосереднього оцінювання якостей

виконаної роботи, а й для визначення потреб студентів, проблем, що виникають у роботі, та їх просування у виконанні завдання;

- перевірка підсумкових звітів;
- участь у засіданні, на якому студенти представляють отримані в ході проектної діяльності результати.

Зазначимо, що завданням інструкторів є також забезпечення «працюючого» зворотного зв'язку, що ґрунтується на аналізі студентських звітів та щоденників виконання проекту. Кількість інструкторів варіюється залежно від кількості студентських груп та, зазвичай, кожен з інструкторів працює одночасно з 2–3 групами студентів. Зазначимо, що для ефективного впровадження проблемно орієнтованого навчання надзвичайно важливою є підтримка з боку адміністрації інституту чи університету загалом, що дозволить оптимально вирішити питання з розподілом навчального навантаження викладачів, що керують діяльністю студентів. Кількість зустрічей між викладачами-інструкторами та групами студентів може варіюватися, але не може бути менше однієї зустрічі на тиждень.

Ще однією функцією, яку можуть виконувати викладачі (як правило, викладачі інших спеціальностей), є роль «замовника». Функцією замовника є формулювання ідей для студентських команд і, що важливо, з використанням термінів та понять з іншої галузі. Це дозволяє створювати для студентів ситуацію, в якій їм доводиться спілкуватися з експертом з іншої сфери, шукати способи перетворення неінженерного опису (наприклад, із використанням словесного представлення) на сукупність вимог до кінцевого продукту.

Для виконання проектів на високому рівні студенти інженерних спеціальностей потребують спеціалізованого матеріально-технічного та програмного забезпечення. В умовах, коли програмні й апаратні розробки прикладного і навчального призначення постійно змінюються і мають відповідати сучасним потребам інженерної діяльності, оновлення освітніх програм у частині відповідних дисциплін і видів навчальної діяльності теж повинно мати перманентний характер. Розв'язання такого завдання має здійснюватися відповідно до стандартів і рекомендацій ЄПВО, які передбачають, зокрема, належне

забезпечення студентів адекватними і легкодоступними навчальними ресурсами (ЕНЕА, 2015).

Створення умов доступу до якісного навчального устаткування й ІТ-інфраструктури сприяє активізації мобільності студентів у межах і між системами вищої освіти, оскільки навіть за умов відставання українських університетів у сенсі доступної матеріально-технічної бази студенти опановуватимуть сучасні інженерні підходи, що дозволить їм легко адаптуватися в подальшому навчанні чи стажуванні у ЗВО України та інших країн.

Важливим елементом проектно орієнтованого навчання є наявність спеціалізованого робочого місця студента. На відміну від традиційних лабораторій, де студенти виконують завдання за визначеним наперед планом та з використанням вже скомп'юнованого устаткування чи визначеного програмного забезпечення, у випадку комп'ютерних лабораторних робіт робоче місце студента має орієнтуватися на індивідуальну чи колективну творчу діяльність студентів, що відповідає засадам особисто орієнтованого та діяльнісного підходів. Організоване таким чином робоче місце сприяє контекстуалізації освітнього процесу, стимулюючи розвиток практичних навичок як проектування і конструювання, так і спілкування, планування тощо. Зазначимо, що студентам має делегуватися частина повноважень і обов'язків щодо управління власним робочим місцем, що охоплює гнучкий графік доступу до робочого місця, можливість самостійно встановлювати необхідне програмне забезпечення, самостійно працювати з вимірювальними пристроями, інструментами за умов проходження відповідного інструктажу та дотримання вимог техніки безпеки.

Зазначені можливості сприятимуть розвитку в студентів навичок самоспрямованого навчання, адже вони матимуть самостійно визначати траєкторію діяльності з реалізації проекту. У контексті питання, що ж переважає – якість проектної розробки чи якість роботи, що була виконана й мала на виході суттєве зростання рівня сформованості тих чи інших компетентностей – на нашу думку, є важливим створення для студентів простору для «спроб і помилок».

Майданчиком для цього і є робочий простір студентів, де, як зазначалося вище, вони отримують можливість самостійно планувати й реалізовувати власні ідеї.

Зазначимо, що при виконанні проектів студентам доводиться виконувати різні види діяльності. На першому етапі реалізації проекту відбувається обговорення концепції майбутньої розробки, збір та опрацювання інформації, яка допомагає сформулювати мету проекту, визначити сучасний стан проблеми, дослідити наявні ідеї, гіпотези, результати вже існуючих досліджень і розробок, здійснити розрахунок фінансово-економічних аспектів проекту, знайти необхідну технічну документацію та специфікації. У випадку інтеграції роботи над проектним завданням та вивчення методології управління проектами студенти мають також створити опис проекту з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. На вказаному етапі їм потрібні: комп'ютерна техніка з встановленим програмним забезпеченням, доступ до Інтернету, фліпчарт, магнітно-маркерна дошка, проектор, принтер тощо. Зазначимо, що у такому випадку студенти можуть використовувати можливості комп'ютерних класів у час, вільний від проведення занять. У приміщенні такого типу студенти також репрезентують проміжні чи остаточні матеріали проекту, зустрічаються з консультантом для обговорення перебігу роботи.

Побудова систем управління проектом неможлива без інструментів, які дозволяють оптимально розподіляти час, завдання, ресурси, правильно налаштувати бізнес-процеси. Основу програмного забезпечення будь-якої автоматизованої системи управління проектами становлять спеціалізовані пакети програм. Виділяють три основні групи програм для управління проектами: настільні, клієнт-серверні та веб-сервіси. Слід зазначити, що провідні компанії, як правило, пропонують лінійки продуктів, що містять як однокористувацькі, так і корпоративні версії. До основних настільних програм належать Microsoft Project, OpenProj, GanttProject, Planner, клієнт-серверних – Basecamp, GNATS, Redmine; веб-серверних – Gemini, Google Code, Savane, SourceForge (Луценко, 2014).

Наступним етапом проекту є власне проектування та конструювання об'єктів. На цьому етапі студенти також потребують комп'ютерного обладнання з

встановленими системами автоматизованого проектування (використовується аббревіатура САПР або CAD, CAE, CAM в англomовній літературі) (Луценко, 2011). Їх використання під час проектної діяльності сприятиме засвоєнню предметних знань із відповідних дисциплін. На етапах макетування, конструювання та тестування розробок студенти використовують апаратне обладнання (мікропроцесорні плати, датчики, системи узгодження сигналів, системи збору даних, 3D-принтери тощо) і програмне забезпечення для управління процесом збору даних та їх подальшої обробки. Такі приміщення мають обладнуватися інструментами, вимірювальними приладами, виробничим обладнанням тощо. Оснащення саме такого типу навчальних приміщень є одним із найскладніших завдань для українських ЗВО.

Одни зі способів вирішенням труднощів, пов'язаних з матеріально-технічним забезпеченням, є використання програмного забезпечення, яке поширюється безкоштовно чи умовно безкоштовно. Такий підхід уможлиблює проектну діяльність студентів у сфері ІТ-технологій. Слід також звернути увагу на різноманіття онлайн-ресурсів, що надають широкі можливості з виконання певних розрахунків, оформлення даних тощо.

Серед інженерних програм широкого спектру призначення особливе місце посідає LabVIEW – графічне середовище програмування, що ґрунтується на використанні концепції віртуальних приладів. Протягом останніх двадцяти років графічний метод розроблення інженерних програм, реалізований у LabVIEW, довів свою ефективність у багатьох галузях вимірювальної та випробувальної техніки. LabVIEW дозволяє розробляти програми для організації взаємодії з вимірювальною та управляючою апаратурою; збору, обробки та відображення інформації та результатів розрахунків, а також моделювання як окремих об'єктів, так і автоматизованих систем у цілому (Луценко & Луценко, 2009а). LabVIEW є відкритою системою програмування та має вбудовану підтримку всіх сучасних програмних інтерфейсів.

Програмні продукти, створені з використанням LabVIEW, можуть доповнюватися фрагментами, розробленими традиційними мовами

програмування. І навпаки, можна використовувати модулі, розроблені в LabVIEW у проектах, створених в інших системах програмування. Зокрема, LabVIEW може інтегрувати програми, написані в середовищі MatLab. Таким чином, LabVIEW дозволяє розробляти практично будь-які додатки, що взаємодіють з іншими видами апаратних засобів, які підтримуються операційною системою комп'ютера. Використовуючи технологію віртуальних пристроїв, розробник може перетворити стандартний персональний комп'ютер і набір контрольно-вимірювального обладнання на багатофункціональний вимірювально-обчислювальний комплекс.

4.4. Проектно орієнтоване навчання майбутніх інженерів в умовах вивчення методології управління проектами

Розвинуті навички у сфері управління проектами нині визнані обов'язковим елементом підготовки сучасного інженера. Зазначимо, що в більшості ЗВО, які використовують у різних формах проектно орієнтоване навчання, впровадження завдань, вирішення яких здійснюється в умовах навчальної проектної діяльності, розпочинається відразу ж з першого навчального року. Так, в освітній програмі спеціальності «Електроніка та комп'ютерна інженерія» Університету Ольборгу (Данія) у першому семестрі відводиться 5 кредитів ECTS на спеціальний вид діяльності, що називається «Робота над технологічним проектом» («Technological Project Work»). Метою вказаної діяльності є набуття студентами знань у сфері проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання (як навчального підходу, що буде використовуватися в їх роботі у подальшому), здобуття ними безпосереднього досвіду проектної роботи в групі. Також у процесі роботи над проектом студент ознайомлюється з базовими проблемами та концепціями у сфері електроніки та інформаційних технологій.

Звернімо увагу на знання, навички та компетентності, що визначають програмові результати для цієї діяльності (Aalborg University, 2015). Завершивши роботу над проектом, студент повинен:

- знати базові принципи, пов'язані з роботою в групі;
- знати основні етапи роботи над проектом, набути знання та навички, необхідні для співпраці з керівниками проектів;
- уміти визначати цілі проекту та володіти методиками його виконання для досягнення поставленої мети;
- уміти описувати та аналізувати різні підходи до вирішення завдань;
- уміти в повному обсязі представляти отримані результати в письмовій, усній та графічній формах;
- усвідомлено сприймати проблемно орієнтоване навчання як педагогічний підхід;
- уміти співпрацювати з іншими студентами протягом часу виконання проекту та проводити спільну презентацію отриманих результатів.

Однак, як показує аналіз матеріалів, представлених на офіційних сайтах ЗВО України, незважаючи на визнання важливості навичок управління проектами для студентів інженерних спеціальностей, більшість програм підготовки майбутніх інженерів на освітньому рівні бакалавр не передбачає такого виду навчальної діяльності, що дозволить ознайомити студентів з організацією проектів (під час навчання та в подальшій професійній діяльності) і не передбачають вивчення повноцінної дисципліни з управління проектами. Традиційно дисципліна «Управління інноваційними проектами» (або «Управління ІТ-проектами») вноситься до навчальних планів уже на освітньому рівні магістр (і до 2016 року передбачалася на освітньому рівні спеціаліст) (Луценко, 2017в).

У Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького ситуація є аналогічною, адже вивчення основ роботи з проектами розпочиналося лише на освітньому рівні спеціаліст (спеціальність 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва). В Одеській академії зв'язку ім. О. С. Попова освітньо-професійна програма спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології також включає дисципліни «Системи управління технічними проектами» і «Креативні технології управління проектами та програмами» вже на освітньому рівні магістр. У Харківському національному

університеті радіоелектроніки освітньо-професійна програма відповідної спеціальності містить дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень в інтелектуальному виробництві» (обов'язковий компонент ОП) і «Економічне обґрунтування проектів» (вибірковий компонент ОП), як і в Житомирському державному технологічному університеті (дисципліна «Техніко-економічна оцінка проектних рішень»).

Поряд із цим у низці публікацій останніх років висвітлено проблему використання проектно орієнтованого навчання у процесі вивчення студентами інженерних спеціальностей дисциплін з управління проектами (Eräpuro-Piila, Huikuri, & Kujala, 2010; Quevedo, Guerrero, Palma, & Vegas, 2013; Santos, Alexandre, & Rodrigues, 2015; Guerrero, Palma, & La Rosa, 2014).

Розглядаючи методику організації проектної діяльності студентів, звернімося до практики ННІ інформаційних та освітніх технологій (до вересня 2017 року – ННІ фізики, математики та комп'ютерно-інформаційних систем) Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, який здійснює підготовку за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (АКІТ) на ОС бакалавр, починаючи з 2003 року. У період між 2007–2008 та 2016-2017 навчальними роками також здійснювалася підготовка студентів за спеціальністю 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва на ОКР спеціаліст.

Нормативний період підготовки на ОС бакалавр становить 4 роки, що відповідає обсягу 240 кредитів відповідно до ЄКТС, для ОКР спеціаліст він становив 1 рік – 60 кредитів ЄКТС. Метою освітньої програми підготовки бакалаврів за спеціальністю 151 АКІТ є підготовка висококваліфікованих спеціалістів з міцними знаннями з інженерних дисциплін, інформаційних технологій, навичок проектування та управління. Програма підготовки містить вивчення автоматизованого проектування та автоматизованих систем різного призначення.

Освітня програма підготовки студентів за спеціальністю 151 АКІТ була розроблена викладачами ННІ інформаційних та освітніх технологій у 2002 році

відповідно до чинних на той час вимог та нормативних документів Міністерства освіти і науки України. Навчальний план освітньої програми містив нормативну та вибіркові складові. Перша складова охоплювала перелік дисциплін, обов'язкових відповідно до чинних державних стандартів. Друга складова передбачала дві групи дисциплін: обов'язкові для всіх студентів та вибіркові, що відповідали освітньо-кваліфікаційній характеристиці програми (у зв'язку з відсутністю державного галузевого стандарту для цієї спеціальності).

Навчальний план спеціальності 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва охоплював дисципліни: проектування комп'ютерно-інтегрованих систем, програмно-технічні комплекси та промислові контролери, надійність і діагностика, вибір та експлуатація систем керування автоматизованим виробництвом, програмне забезпечення інформаційних систем і комплексів, технічні засоби автоматизації наукових досліджень тощо. За винятком тривалості підготовки, структура та наповнення навчального плану є подібними до чинних наразі планів для освітнього ступеня магістр відповідної спеціальності.

Розподіл кредитів ЄКТС навчального плану між циклами дисциплін, фаховою практикою та випускною роботою наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Структура навчального плану спеціальності 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

Категорія	Кількість кредитів ЄКТС	%
Цикл дисциплін гуманітарної та соціально-економічної підготовки	6,5	10,8%
Цикл дисциплін природничо-наукової, професійної та практичної підготовки	34	56,7%
Виробнича фахова практика	7,5	12,5%
Випускна робота	12	20%
Всього	60	

Типова структура першого навчального семестру для студентів спеціальності 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва була такою: перші 10 тижнів відводилося на навчальну діяльність, наступні 6 тижнів тривала виробнича фахова практика, після її завершення протягом 2 тижнів тривала

екзаменаційна сесія. Дисципліна «Програмне забезпечення інформаційних систем та комплексів» є однією з таких, що введені до циклу природничо-наукової, професійної та практичної підготовки. На її вивчення відводилося 7 кредитів ЄКТС (210 годин). Одним із модулів цієї дисципліни є «Комп'ютерні системи управління проектами» (до 2012 року це був окремий навчальний курс «Управління інноваційними проектами» (Луценко, 2011в), однак згодом ряд предметів, пов'язаних з використанням комп'ютерних систем для обслуговування різних видів практичної діяльності, було об'єднано в єдину дисципліну).

У рамках дисципліни «Програмне забезпечення інформаційних систем та комплексів» на змістовий модуль «Комп'ютерні системи управління проектами» відводиться 3 кредити ЄКТС (90 годин), що передбачає лекційні заняття, практичні та лабораторні роботи й написання курсової роботи. До основних питань, що розглядаються в цьому змістовому модулі, належать основні підходи до планування та моделювання проектної діяльності, серед яких метод критичного шляху, методика оцінювання та рецензування проекту (project evaluation and review technique, PERT), використання спеціалізованого програмного забезпечення для проектування систем управління проектами (Луценко Г. В., 2014).

У таблиці 4.6 наведено деталізований опис основної теоретичної інформації, пов'язаної з управлінням проектами, що виносилися на розгляд під час лекцій.

У період між 2007–2013 рр. навчання здійснювалося із використанням традиційних підходів, власне, як і для навчання інших дисциплін. Аудиторна робота студентів охоплювала лекційні заняття (18 годин), комп'ютерні лабораторні роботи (20 годин) та індивідуальні науково-дослідні завдання (18 годин). Решта навчальних годин відводилася на самостійну роботу студентів. Під час комп'ютерних лабораторних робіт студенти навчалися використовувати програмне забезпечення для управління проектами, побудови організаційних і робочих структур, сіткових графіків. Оцінювання навчальної діяльності студентів передбачало проміжні тестування, підсумковий тест та оцінювання індивідуальних звітів з лабораторних робіт (тобто групова робота студентів була повністю відсутня).

**Теми, що розглядаються під час вивчення модуля
«Комп'ютерні системи управління проектами»**

№ з/п	Назва теми
1.	<p>Тема 1. Основні поняття управління інноваційними проектами</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Науково-технічні досягнення та науково-технічні нововведення. 2. Проект як об'єкт управління. Визначення проекту. Планування та управління проектом як замкнутою квазідинамічною системою. 3. Класифікація проектів. Проект та його оточення. 4. Особливості інноваційних проектів. Терміни, визначення, глосарій. 5. Цілі та процеси в управлінні проектами.
2.	<p>Тема 2. Модель управління проектом. Життєвий цикл проекту</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні стадії та етапи проекту. 2. Лійно-циклічний характер процесу управління проектом. 3. Зворотний зв'язок у стійкості та керованості інноваціями. 4. Ситуаційний аналіз життєвого циклу проекту. 5. Команда виконавців проекту. Взаємодія керівника та команди. Типові схеми організаційної системи управління проектом.
3.	<p>Тема 3. Методи та технології управління інноваціями. Функції управління інноваційними проектами та критерії їх оціювання</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація інновацій. Інноваційна матриця. 2. Техніки зародження та поширення інноваційного проекту: науково-технічний «поштовх», виробничо-технологічне «витягування», дифузія та інтерференція. 3. Місце і функції планування та контролю в управлінні проектами. 4. Види планів. Сучасні тенденції в плануванні та контролі проектів. Види ризиків, пов'язаних з виконанням інноваційних проектів. 5. Комп'ютерна підтримка методів мінімізації ризиків у процесі планування та способи їх подолання.
4.	<p>Тема 4. Базові поняття комп'ютерних технологій управління проектами. Інформаційна модель проекту та її програмна підтримка.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поняття моделі проекту. Реляційна алгебра та динамічне програмування – формалізми для представлення даних про процес виконання проекту. 2. Теоретичні основи розроблення інформаційних моделей проекту. 3. Метод критичного шляху (СРМ) та його застосування до проблем управління проектами. 4. Технологія управління проектами PERT, її особливості порівняно з СРМ. 5. Огляд основних програмних засобів, що підтримують технологію PERT: Time Linem OpenPlan, Microsoft Office Project, Spider Project.

Оцінювання лабораторних робіт передбачало відповіді на усні запитання викладача щодо основних теоретичних аспектів лабораторної роботи та репрезентування практичних результатів в електронній формі.

Слід зазначити, що такий підхід до вивчення основ управління проектами є характерним і для інших навчальних закладів. Хоча традиційні методи оцінювання показували доволі непогані академічні результати студентів, було відзначено, що подальша їхня діяльність, пов'язана з виробничою фаховою практикою, під час якої їм доводилося мати справу з реальними практичними завданнями, та міра їхньої готовності до написання випускної роботи демонстрували слабкі місця стосовно планування їхньої власної діяльності, управління часом та роботою в команді.

У 2012–2013 навчальному році було впроваджено перші оновлення, пов'язані лише зі зміною підходів до проведення лабораторних робіт: було додано завдання, яке студенти мали виконувати в групах під час лабораторних занять. Групові звіти з лабораторних робіт стіановили до 40 % від загальної кількості підсумкових балів. Слід відзначити, що в таких умовах перед викладачами постали певні труднощі щодо визначення правил роботи студентів у групах та оцінювання індивідуальних результатів кожного з учасників групи об'єктивно.

Починаючи з 2013 року, вивчення методології управління проектами було організовано на засадах проектно орієнтованого навчання відповідно до структури, що детально розглянуто в підрозділах 4.1–4.3.

Концептуальну карту діяльності студентів в умовах навчання, що провадиться на засадах проектно орієнтованого навчання, наведено на рис. 4.6 (Quevedo, Guerrero, Palma, & Vegas, 2013). Основні принципи, на яких ґрунтувалося впровадження проектно орієнтованого навчання, були такими:

1. Проектна діяльність пов'язана із завданнями, кейсами та проблемами.
2. Студенти є відповідальними за власну навчальну траєкторію.
3. Проблеми є реалістичними.
4. Навчальне середовище має стимулювати студентів, створюючи при цьому виклики для них.
5. Проблемне завдання та навчальне середовище мають відповідати економічним реаліям.
6. Забезпечена підтримка студентів у просуванні та тестуванні власних ідей.
7. Навчання ґрунтується на співпраці.

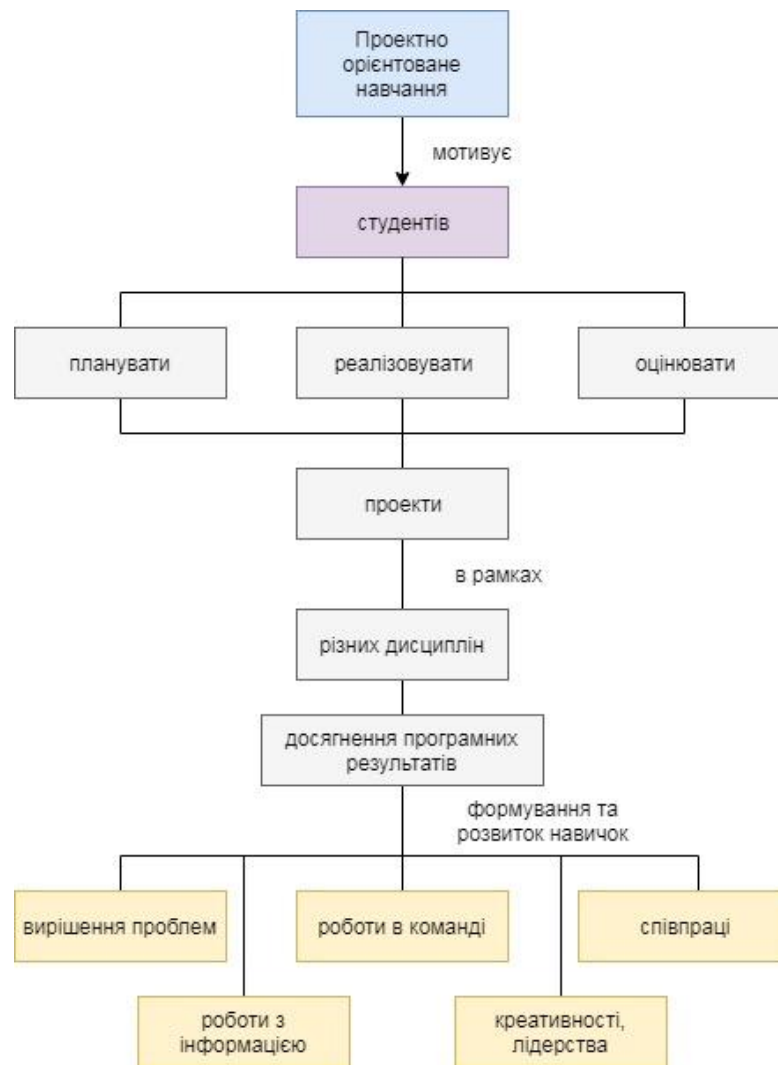


Рис. 4.6. Концептуальна карта діяльності студентів

Змістовий модуль «Комп'ютерні системи управління проектами» характеризується тісними зв'язками між власне інженерним матеріалом та інформацією з управління проектами. Це вимагає одночасно глибоких знань з основних інженерних дисциплін та навичок спілкування й співпраці, управління часом та ресурсами тощо.

Загальна структура фахових компетентностей для дисципліни ґрунтувалася на освітньо-кваліфікаційній характеристиці освітньої програми (зараз на стандарті вищої освіти та професійному стандарті). На основі чинної на той час ОКХ було розроблено перелік фахових компетентностей та результатів навчання, приклади яких наведено в таблиці 4.7. Зазначимо, що на даний час розроблення програмових результатів доцільно здійснювати з урахуванням представленого у 2016 році на

сайті МОНУ Проекту стандарту вищої освіти для спеціальності 151 АКІТ (МОНУ, 2016).

Таблиця 4.7

Приклад програмових результатів навчання та фахових компетентностей

Фахові компетентності	Результати навчання
Здатність формулювати та вирішувати інженерні проблеми	Бути здатним сформулювати інженерні проблеми Бути здатним обрати відповідні методи для вирішення проблем Бути здатним оцінити обраний метод вирішення проблеми
Здатність проектувати програмні продукти та системи	Бути здатним обирати та використовувати відповідні методи та засоби проектування

Перелік програмових результатів навчання, який відповідає загальним компетентностями, становив предмет особливого інтересу для нас. Його було розроблено з використанням переліку загальних компетентностей проекту Tuning та результатів опитувань, представлених у праці (Gonzalez & Wagenaar, 2008), метою яких було дослідження важливості цих компетентностей для випускників, працедавців та викладачів. Сформований перелік загальних компетентностей та відповідних результатів навчання наведено у таблиці 4.8 (Lutsenko, 2018). Перелік, наведений у таблиці 4.8, зазнав певних змін у 2015 році, коли Національним офісом Tempus/Erasmus+ в Україні та групою експертів з реформування національної системи освіти було репрезентовано Методичні рекомендації до розробки освітніх програм (Захарченко, Луговий, Рашкевич, & Таланова, 2014), які містили детальну інформацію щодо процедури проектування навчальних планів та програм. У методичних рекомендаціях наведено інформацію щодо Європейських кваліфікаційних метарамок, основні цілі імплементації Національної рамки кваліфікацій в Україні та дані щодо розроблення національних стандартів освіти.

Основне завдання проекту полягало в наступному: студенти повинні були обрати реальне інженерне завдання відповідно до їхньої спеціальності та розробити проект його вирішення. Таким чином, виконання поставленого завдання прямо та опосередковано було спрямоване на розвиток проектних навичок студентів.

Перелік загальних компетентностей та результатів навчання

Типи загальних компетентностей	Загальні компетентності	Результати навчання
Системні	Здатність розробляти проекти та управляти проектною діяльністю	(i) Демонструвати знання методології проектного менеджменту (ii) Бути здатним виконувати планування та реалізацію проекту
	Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях	Мати навички практичного застосування отриманих теоретичних знань з інженерних дисциплін
	Здатність навчатися (включаючи неперервну самоспрямовану освіту впродовж життя)	Бути здатним організувати власний процес навчання та управляти ним
Інструментальні	Навички використання інформаційних та комунікаційних технологій	Бути здатним використовувати сучасне програмне забезпечення різного призначення (комп'ютерні системи управління проектами, ПЗ для колективної роботи)
	Здатність планувати та управляти часом	Бути здатним планувати власну діяльність, урахувавши обмеження, що накладаються часом та особистими обставинами
	Здатність знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел	(i) Бути здатним використовувати різні джерела інформації для її пошуку та для формування списку використаних джерел
		(ii) Здатність обробляти, аналізувати та оцінювати достовірність знайденої інформації (виконувати верифікацію)
Здатність спілкуватися усно та в письмовій формі рідною та однією з іноземних мов	(i) Розуміти важливість якісної репрезентації отриманих результатів (ii) Бути здатним підготувати запит на виконання проекту, письмові звіти, постери, усні презентації з урахуванням вимог до їх структури та наповнення, а також стандартів та нормативних документів.	
Міжособистісні	Здатність працювати в команді	(i) Бути здатним брати участь та забезпечувати особистий внесок. (ii) Бути корисним та ефективним учасником команди
	Навички міжособистісної взаємодії	Бути здатним до ефективного спілкування

3 кредити ЄКТС розподілено так: 18 годин лекцій, 20 годин консультацій (в університеті), 48 годин на виконання завдання та 4 години на презентацію результатів. Це становить 18 % від кредитів ЄКТС, що відводять на вивчення дисциплін природничо-наукової, професійної та практичної підготовки в першому семестрі навчального року.

Проведення лекцій завершувалося протягом перших п'яти тижнів семестру, забезпечивши студентів основними знаннями к сфері проектного менеджменту. Протягом 2–9 навчальних тижнів студенти працювали над вирішенням проблемного завдання, причому така робота передбачає виконання в групах та, за можливості, має відбуватися в спеціалізованих лабораторіях університету. Протягом усього періоду студенти мають спеціальний час для консультацій з викладачем (інструктором), що супроводжує роботу команди. Презентація результатів відбувається під час двох останніх навчальних тижнів семестру. Схематичне зображення описаної структури дисципліни наведено на рис. 4.7.



Рис. 4.7. Схематичне зображення структури дисципліни

Зазначимо, що в процесі розгляду теоретичних аспектів проектного менеджменту використовувався метод кейсів – метод аналізу ситуацій. Серед ознак методу кейсів С. Сисоєва виділяє колективний пошук рішень, наявність альтернативних рішень, існування спектру оптимальних рішень, наявність системи групового оцінювання діяльності (Сисоєва, 2011). Такий підхід відіграє важливу роль у формуванні в студентів навичок роботи зі слабкоструктурованою інформацією.

Оскільки такий вид діяльності був новим для наших студентів, надзвичайно важливо, на нашу думку, було забезпечити розроблення відповідного методичного

забезпечення та організувати своєчасне та змістовне консультування студентів, що ефективно допомагало б зорієнтуватися в особливостях проектної діяльності загалом.

На початку семестру обов'язковим є проведення ознайомлювальної зустрічі між студентами та викладачами, на якій студенти мають можливість отримати необхідну інформацію щодо організаційних питань. Орієнтовний список з темами проектів та їх коротким описом має бути попередньо підготовлений викладачами, які протягом семестру будуть виконувати обов'язки консультантів проектів. Після попереднього обговорення запропонованих тем студентам пропонується один тиждень для остаточного вибору теми проекту. Одночасно має відбуватися організація робочих груп студентів.

Вибір теми проекту є важливим організаційним аспектом, адже він пов'язаний безпосередньо з інтересами та мотивацією студентів. Як показує досвід, значущими критеріями вибору теми є відповідність теми проекту профілю спеціальності та тісний зв'язок із реальними інженерними завданнями. При формуванні початкового списку тем студентських проектів обов'язково має проводитися ряд попередніх консультацій та зустрічей із представниками фірм-партнерів, колегами з інших кафедр та підрозділів університету. Використання такого підходу надає можливість організувати спільні проекти для студентів різних спеціальностей. За таких умов студенти-інженери зможуть долучитися до розроблення експериментальних установок чи установок навчального призначення для колег-фізиків, хіміків тощо. Такі задачі є винятково корисними з погляду застосування отриманих знань на практиці.

Як буде показано нижче, прикладами спільних проектів може бути розроблення систем збору даних на базі плат Arduino та обробка отриманих даних за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Зазначимо також, що більшість студентів старших курсів на момент організації проекту вже мають невеликий професійний досвід, що теж є фактором, який впливає на вибір теми проекту. Окрім того, вибір теми проекту може відповідати тому виду діяльності, яким студенти хотіли б займатися після закінчення університету.

Приклади проектів, що реалізовувалися в різні роки студентами спеціальності 7.05020202 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва, наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Орієнтовна тематика проектів студентів

№ з/п	Тематика проектів
1.	Розроблення проекту мобільного сайту інтернет-авторинку m.carzilla.ua
2.	Проект «Електронна дошка оголошень»
3.	Розроблення електронного ресурсу «Віртуальний університет»
4.	Проект «Розумний дім»
5.	Проект «Оснащення даху будівлі (корпусу університету) сонячними елементами»
6.	Проект «Розроблення поворотного механізму для даху астрономічної обсерваторії»
7.	Проект «Розроблення системи управління освітленням в аудиторіях університету»
8.	Проект «Автоматизована система збору даних на базі Arduino»
9.	Проект «Відеореєстрація та трансляція даних між навчальними аудиторіями»
10.	Проект «Спеціалізована навчально-наукова лабораторія – робоче місце студента»
11.	Проект «Розроблення системи контролю показників здоров'я»

Ряд проектів стосувався можливостей розроблення спеціалізованого програмного забезпечення, веб-сайтів, інформаційних систем. На рис. 4.8 наведено приклад робочої й організаційної діаграм для проекту «Віртуальний університет», розробленого групою студентів у 2013–2014 навчальному році. Обрана тематика проекту відповідає ідеї організації співпраці в академічній сфері, коли напрацювання студентів можуть використовуватися для поліпшення організаційних аспектів навчального процесу.

Питання вибору теми проекту тісно пов'язане з питанням формування команд студентів. Як правило, групи студентів охоплюють 3–4 особи. Формування команд може відбуватися з дотриманням різних принципів. Найпростішим видається формування команд відповідно до побажань студентів. Однак така ситуація може

спричинити утворення «сильних» та «слабких» груп (виходячи з попередніх академічних досягнень студентів), що, на нашу думку, є непродуктивним.

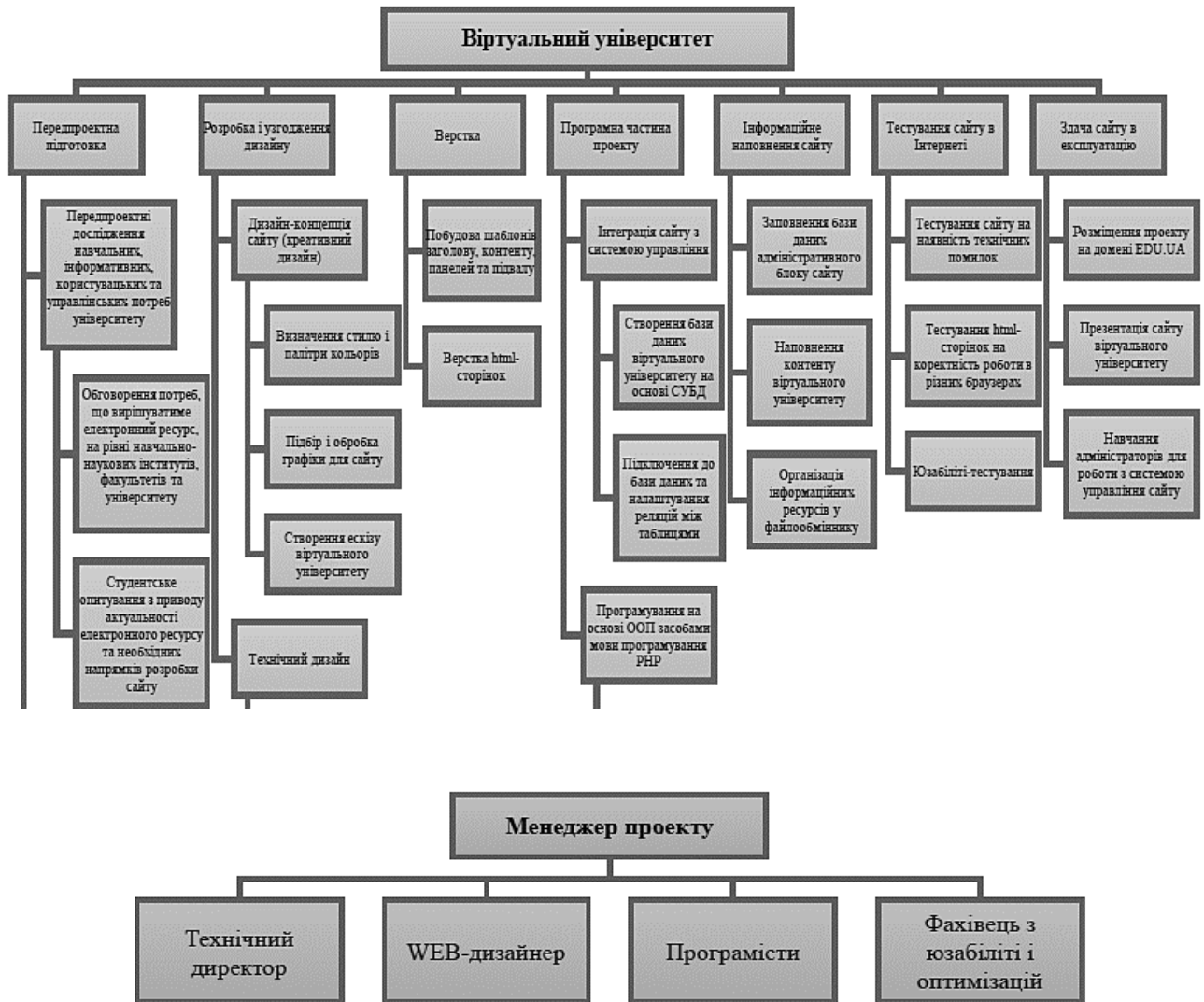


Рис. 4.8. Робоча та організаційна діаграми проекту «Віртуальний університету»

Принциповим завданням є організація таких умов, за яких кожен зі студентів (з різними академічними досягненнями, спрямованістю (програмування, апаратна розробка, організаційні якості) зможе проявити себе як повноцінний учасник команди. Під час формування груп фактор істотної зацікавленості студентів у реалізації того чи іншого проекту має, за можливості, враховуватися. Очевидно, що кількість викладачів-консультантів проектів залежить від кількості сформованих груп. Відзначимо відразу значний обсяг обов'язків, який доводиться виконувати кожному з консультантів. Такі обов'язки, з одного боку, є рутинними – перевірка

звітної документації груп та окремих студентів, а з іншого – вимагають творчого підходу, особливо у випадках, коли проект, що виконується, не має аналогів.

Для забезпечення взаємодії між консультантами та групами студентів доцільно на початку проектної роботи розробити та затвердити графік зустрічей. Як правило, планується одна зустріч на тиждень. Зазначимо, що за таких умов суттєво зростає роль сучасних засобів для спілкування між викладачами й студентами та їх готовність використовувати весь доступний спектр засобів комунікації (електронна пошта, системи управління навчальною діяльністю, соціальні мережі, хмарні сервіси тощо).

Серед документації, що обов'язково має оформлятися студентами в ході виконання проекту, відзначимо проміжні звіти, які готуються групами студентів, та індивідуальні щоденники. Упровадження проміжних звітів мало декілька завдань. Для викладача-консультанта вони надають можливість здійснювати моніторинг діяльності групи, відстежуючи перебіг проекту як за наповненням (чи коректними є обрані способи вирішення інженерних завдань, чи не припускаються студенти на певному етапі критичної помилки, яка може завадити вчасній реалізації проекту тощо), так і за організаційними аспектами (дотримання термінів виконання проекту та черговості завдань). Відповідно до поданих студентами проміжних звітів викладач отримує можливість скоригувати роботу команди.

У нашому випадку проміжний звіт мав вигляд заявки на виконання проекту та містив назву проекту, перелік учасників команди, коротку анотацію (українською та англійською мовами), опис мети та завдань проекту, короткий огляд джерел за тематикою роботи, опис основної ідеї проекту та план (за завданнями та календарний) його виконання (Луценко & Бевз, 2015).

Студентам було запропоновано дотримуватися структури, зразок якої подано в табл. 4.10. Приклади заповнених заявок наведено в Додатку В.

Обов'язковим елементом був короткий опис фінансових аспектів проекту, що сприяло контекстуалізації завдань проекту. Плануючи проектну діяльність, доречно використовувати типові форми заявок, що заповнюються для участі в конкурсах фундаментальних чи прикладних проектів, грантових програмах.

Структура заявки проекту

№	Основні позиції заявки
1.	Назва проекту (українською, англійською мовами).
2.	Виконавці проекту (прізвище, ім'я, по батькові, наявні результати за тематикою проекту, посадові обов'язки в рамках групи).
3.	Анотація проекту (150 слів, обов'язково українською та англійською мовами).
4.	Ключові слова проекту (5–6 слів, обов'язково українською та англійською мовами).
5.	Інтелектуальна власність (чи є автори проекту авторами технічної ідеї, на якій ґрунтується проект; вказати наявність патентно-правового захисту розробки, наявність оригінальних ідей тощо).
6.	<p>Опис проекту.</p> <p>6.1. Мета проекту.</p> <p>6.2. Сучасний стан проблеми у світі та в Україні.</p> <p>6.3. Основні ідеї, гіпотези, результати вже існуючих досліджень і розробок, які покладено в основу проекту.</p> <p>6.4. Наявна матеріально-технічна база.</p> <p>6.5. Необхідна матеріально-технічна база.</p> <p>6.6. Обґрунтування необхідності виконання проекту (науковий, технічний та соціальний ефекти від виконання проекту, галузі можливого впровадження розробки).</p> <p>6.7. Оцінювання новизни та технічних переваг проекту.</p>
7.	<p>Фінансові аспекти проекту.</p> <p>7.1. Витрати на оплату праці з урахуванням нормативних вимог.</p> <p>7.2. Відрахування на соціальне страхування.</p> <p>7.3. Матеріали, паливо й енергія для виробничих цілей.</p> <p>7.4. Витрати на службові відрядження.</p> <p>7.5. Витрати на роботи, які виконуються сторонніми організаціями й підприємствами.</p> <p>7.6. Інші витрати.</p> <p>7.7. Накладні витрати.</p>

Робота з оформлення паперів допоможе студентам оцінити власні стартові позиції, наявні ресурси, здійснити розподіл завдань між учасниками групи, провести ознайомлювальну роботу з літературою за тематикою проекту.

За потреби структура заявки може змінюватися, що визначається типом обраного проекту. Для підготовки документації до проекту студенти мають ретельно ознайомитися з основами проектної діяльності. Якісна робота з джерелами в рамках проекту є ще однією важливою вимогою.

Зазначимо, що перевірка та оцінювання проектів, що охоплюють доволі різні сфери практичної діяльності, є комплексним завданням, орієнтованим, насамперед, на оцінювання прогресу студентів, і, меншою мірою, на оцінювання власне проектної розробки. Оцінка якості виконаного проекту є уніфікованою і має ґрунтуватися на оцінці запропонованих фінансових аспектів, розрахунків затрат часу тощо. Тому обов'язковою вимогою має бути представлення студентами максимально повної інформації про опрацьовані джерела. Сюди належать різноманітні стандарти, технічні вимоги, нормативні документи тощо. Обов'язково студенти повинні формулювати пояснення в ситуації, коли здійснювався вибір між альтернативними варіантами організації проекту.

Для студентів проміжні звіти також допомагають відстежувати перебіг виконання завдань, виявляти відхилення від запланованих термінів, труднощі при роботі з інформацією тощо. Ще одним документом, який доцільно використовувати, є щоденник роботи над проектом, який заповнюється кожним студентом особисто. Звичайно, для проектів, тривалість яких не перевищує 2-3 тижнів, формальні вимоги до проміжних звітів та індивідуальних щоденників мають бути спрощені (наприклад, можна передбачити можливість заповнення їх в електронному вигляді). Зазначимо, що у нашому випадку при плануванні системи оцінювання проектів обов'язково передбачалося оцінювання проміжних звітів.

Підсумковий звіт за проектом включав письмову частину з детальним висвітленням процесу вирішення поставленого інженерного завдання та усну презентацію отриманих результатів. При оцінюванні письмової частини до уваги бралися її змістова частина, структура, оригінальність, а також дотримання вимог академічної доброчесності. Зазначимо, що таблиця з детальним описом позицій, за якими здійснюється оцінювання роботи, вимогами до кожної з них та кількістю балів оприлюднювалася до початку виконання проекту. Використання шкал оцінювання, або відповідно до англійських джерел «рубрик», є поширеною практикою оцінювання результатів проектної діяльності студентів. Рубрика трактується як інструмент оцінювання, який містить опис критеріїв та відповідну шкалу оцінювання результатів, що дозволяє ідентифікувати та описувати важливі

компоненти діяльності студентів (Arter & McTighe, 2001). Письмова частина підсумкового звіту має вміщувати робочу, організаційну й двоспрямовану структури проекту, календарне планування, відповідні діаграми Ганта, оцінювання вартості виконання проекту із зазначенням внеску кожного з його учасників. Письмова частина подається за декілька днів до запланованої усної презентації проекту. Перевіряють та оцінюють її викладачі, що не є консультантами групи, яка подає проект.

Під час усної презентації результатів виконання проекту кожна група студентів готує виступ, в якому мають брати участь усі учасники команди. Усна презентація включає власне усну доповідь та підготовану мультимедійну презентацію. В окремих випадках доцільно запропонувати студентами готувати постери проектів. Більше того, такі постери можуть бути представлені за декілька днів до усної презентації або в цифровому вигляді розміщені на сайті кафедри чи інституту. Обов'язковим елементом усної презентації є обговорення виступу групи, що містить декілька запитань від комісії та від інших студентів. Ця частина роботи також оцінюється відповідно до оприлюдненої шкали.

З одного боку, використання оприлюднених до початку виконання проекту шкал оцінювання, що містять перелік критеріїв для кожного з видів роботи, є орієнтиром для студентів. З другого боку, використання такої шкали дозволяє об'єктивно і неупереджено оцінювати роботу всіх студентів, що сприяє позитивному сприйняттю ними такого підходу до оцінювання. Як правило, критерії оцінювання кожного з видів роботи студентів містять деталізований опис характеристик та шкалу оцінок.

Проводячи захист результатів роботи, пропонуємо виходити з такого. Результуюча оцінка студента (максимум 100 балів) складається з балів за проміжний звіт (максимум – 15 балів), оцінки за відповіді на запитання з теорії (15 балів), оцінки за пояснювальну записку (15 балів), оцінки за розроблену автоматизовану систему управління (40 балів), оцінки за доповідь та презентацію результатів (15 балів). Критерії оцінювання відповідей на запитання, що стосуються теоретичного матеріалу з управління проектами, наведено в табл. 4.11.

Критерії оцінювання відповіді на запитання з теорії

Бали	Опис вимог
15–14	Відмінно: <ul style="list-style-type: none"> – глибоке засвоєння і розуміння програмового матеріалу (основних фактів, понять, термінів тощо); – відповіді впевнені та належно аргументовані, використовуються різні форми для представлення знань (власними словами, з додатковими поясненнями тощо); – самостійне, творче, ініціативне застосування знань для практичних ситуацій; – продемонстровано вміння аналізувати засвоєні положення, поняття, твердження, розуміючи їх внутрішню логіку; – виклад матеріалу логічний і послідовний.
11–13	Дуже добре: <ul style="list-style-type: none"> – засвоєння матеріалу достатньо повне, але є незначні помилки стосовно основних фактів, понять тощо і під час пошуку аргументації; – свідоме і самостійне застосування знань; – відповіді достатньо обґрунтовані й логічні; – уміння аналізувати й порівнювати матеріал із незначною допомогою.
7–10	Добре: <ul style="list-style-type: none"> – достатнє засвоєння програмового матеріалу; незначні помилки студент може виправити з допомогою викладача; – відповіді недостатньо обґрунтовані, є ускладнення при сприйнятті інформації, представленої у різних формах; – застосування знань має переважно репродуктивний характер; – початкові навички аналізу.
4–6	Задовільно: <ul style="list-style-type: none"> – фрагментарне засвоєння матеріалу, з істотними помилками й неточностями; – відповіді неповні, недостатня самостійність мислення й сприйняття матеріалу, представленого у різних формах; – репродуктивне застосування знань за вказівками викладача.
0–3	Незадовільно: <ul style="list-style-type: none"> – несвідоме, механічне та фрагментарне засвоєння матеріалу зі значними помилками; – відсутність розуміння матеріалу; – відсутність самостійності, неспроможність виправити помилки у відповідях при зауваженнях чи додаткових запитаннях викладача.

Табл. 4.12 містить критерії оцінювання пояснювальної записки.

Критерії оцінювання пояснювальної записки

№	Компоненти	Бали (min-max)
1.	Зміст дослідження відповідає визначеній темі.	0–3
2.	Наявні особисто сформульовані вступ та висновки.	0–3
3.	У роботі наявні посилання на сучасні джерела.	0–3
4.	Відсутні мовленнєві помилки. Переклад з іншомовних джерел виконано не автоматично, переклад відредаговано.	0-3
5.	Роботу оформлено згідно з вимогами.	0–3
	Всього	15

Критерії оцінювання доповіді та презентації, а також проміжного звіту наведено в табл. 4.13 та 4.14 відповідно.

Таблиця 4.13

Критерії оцінювання доповіді та презентації

№	Компоненти	Бали (min-max)
1.	Доповідь чітко структурована.	0–3
2.	Раціонально розподіляється час.	0–3
3.	Доповідач вільно будує розповідь.	0–3
4.	Презентація відповідає структурі доповіді, супроводжуючи її та допомагаючи краще зрозуміти матеріал.	0–3
5.	Вдало підбрано ілюстрації, графіки, які ілюструють перебіг виконання проекту, візуальне оформлення.	0–3
	Всього	15

Таблиця 4.14

Критерії оцінювання проміжного звіту

№	Компоненти	Бали (min-max)
1.	Звіт подано відповідно до графіка.	0 або 3
2.	Дотримано вимоги до структури звіту, заповнено всі необхідні пункти.	0–3
3.	Підготовано резюме та ключові слова англійською мовою.	0–3
4.	Здійснено аналіз досліджень та технічних інновацій за тематикою проекту.	0–3
5.	Описано фінансові аспекти проекту.	0–3
	Всього	15

Табл. 4.15 містить критерій оцінювання розробленої під час виконання проекту автоматизованої системи управління.

Для забезпечення зворотного зв'язку та покращення процедури організації проектів у подальшому після завершення усної презентації студентам пропонується анонімно заповнити анкету, розроблену з використанням шкали Лайкерта. Студенти повинні оцінити своє ставлення до сформульованих положень, обравши один з варіантів (1 – «Цілком незгодний», 2 – «Незгодний», 3 – «Можливо», 4 – «Згодний», 5 – «Цілком згодний»).

У таблиці 4.16 наведено фрагмент анкети, що містить запитання, які допомагають зрозуміти, як студенти сприймають навчальні проекти. Повна анкета містить також запитання, що стосуються організаційних аспектів проекту, його

оцінювання, переваг та труднощів такого виду діяльності, особливостей співпраці в команді та сприйняття такого виду діяльності.

Таблиця 4.15

Критерії оцінювання автоматизованої системи управління

Бали	Опис
40–36	Відмінно. Розроблено всі структури проекту. Структурування виконано оптимально. Наявні обґрунтовані пояснення його реалізації. У MS Project розроблено всі елементи, описані в методичних вказівках. Усі роботи оцінено та забезпечено ресурсами, розраховано терміни виконання робіт, визначено бюджет та забезпечено контроль. Висвітлено можливості оптимізації при реалізації проекту.
35–30	Добре. Розроблено всі структури проекту. Структурування виконано оптимальним чином, хоча можливі окремі виправлення. У MS Project розроблено всі елементи, описані в методичних вказівках. Здійснено перевірку ресурсів та затрат проекту. Сформовано звіти.
24–29	Задовільно. Розроблені структури проекту мають суттєві недоліки, відсутнє обґрунтування. Розроблена автоматизована система неповна, наявні перевантаженість ресурсів, помилки в календарному плануванні та бюджеті.
23–0	Незадовільно. Структури проекту розроблено не повністю. Автоматизована система управління проектами неповна, наявні помилки у формуванні даних про задачі та ресурси проекту. Не виконано операції з контролю проекту.

Для кожного із запропонованих варіантів ми розраховували середнє значення та стандартне відхилення. Як показують результати опитувань, більшість студентів позитивно оцінює вплив проектів на їхню навчальну і подальшу професійну діяльність.

Таблиця 4.16

Фрагмент анкети, розробленої з використанням шкали Лайкерта

№ з/п	Запитання
1	Проекти готують до вирішення інженерних завдань
2	Проекти готують до застосування знань у практичних ситуаціях
3	Проекти розвивають краще розуміння обраної предметної сфери
4	Проекти готують до управління професійними проектами
5	Проекти розвивають здатність працювати з інформацією
6	Проекти готують до роботи в команді
7	Проекти розвивають відповідальне ставлення до навчання
8	Проекти розвивають комунікативні навички

Студенти відзначають максимальними балами роль навчальних проєктів у формуванні вміння застосувати отримані знання в практичних ситуаціях та у формуванні вміння управляти проєктами в подальшій професійній діяльності. Детальний аналіз результатів опитувань, що проводилися протягом 2014–2017 рр. в умовах організації проєктно орієнтованого навчання майбутніх інженерів при навчанні методології управління проєктами, наведено в розділі 5.

У застосуванні проєктно орієнтованих підходів до вивчення предметів інженерного циклу, які стосуються основ управління проєктами, слід урахувувати, що проєктування у цьому випадку є одночасно механізмом для навчання і є навчальним матеріалом за своєю суттю. Побудова систем управління проєктом неможлива без інструментів, що дозволяють оптимально розподіляти час, завдання, ресурси, правильно налаштовувати бізнес-процеси. Основу програмного забезпечення будь-якої автоматизованої системи управління проєктами становлять спеціалізовані пакети програм. Вони займають достатньо значну частину ринку програмного забезпечення в цілому. Загалом можна говорити про близько 30 пакетів, що мають стійкий збут. До основних функцій відповідного програмного забезпечення належать планування задач, формування графіків, контроль вартості та управління бюджетом, розподіл ресурсів, організація колективної роботи, управління, документування та адміністрування (Луценко Г. В., 2014).

Як зазначалося вище, до найпоширеніших настільних програм з управління проєктною діяльністю належать Microsoft Project, OpenProj, GanttProject, Planner, Basecamp, GNATS, Gemini, Google Code, Savane, SourceForge. Звичайно, наведений перелік не відображає все різноманіття програм. У випадку вибору програми для навчальної діяльності слід урахувувати її функціональні якості та наявність безкоштовних чи умовно безкоштовних ліцензій. Нині найпоширенішою у світі є система Microsoft Project, що поставляється у двох основних комплектаціях – Standard і Professional. Варіант Standard – персональна версія, призначена для невеликих проєктів у тих випадках, коли керівникові не потрібні засоби колективної роботи та координації діяльності. Програма дозволяє отримати всю необхідну інформацію та керувати роботами, планами, фінансами.

У середовищі MS Project студенти, що виконують проект, мають створити його опис, формуючи перелік робіт, що мають бути виконані в ході проекту, перелік ресурсів та взаємозв'язки між роботами та ресурсами. Виконувати це завдання можна у вікні сіткової діаграми або безпосередньо у вікні діаграми Ганта (рис. 4.9).

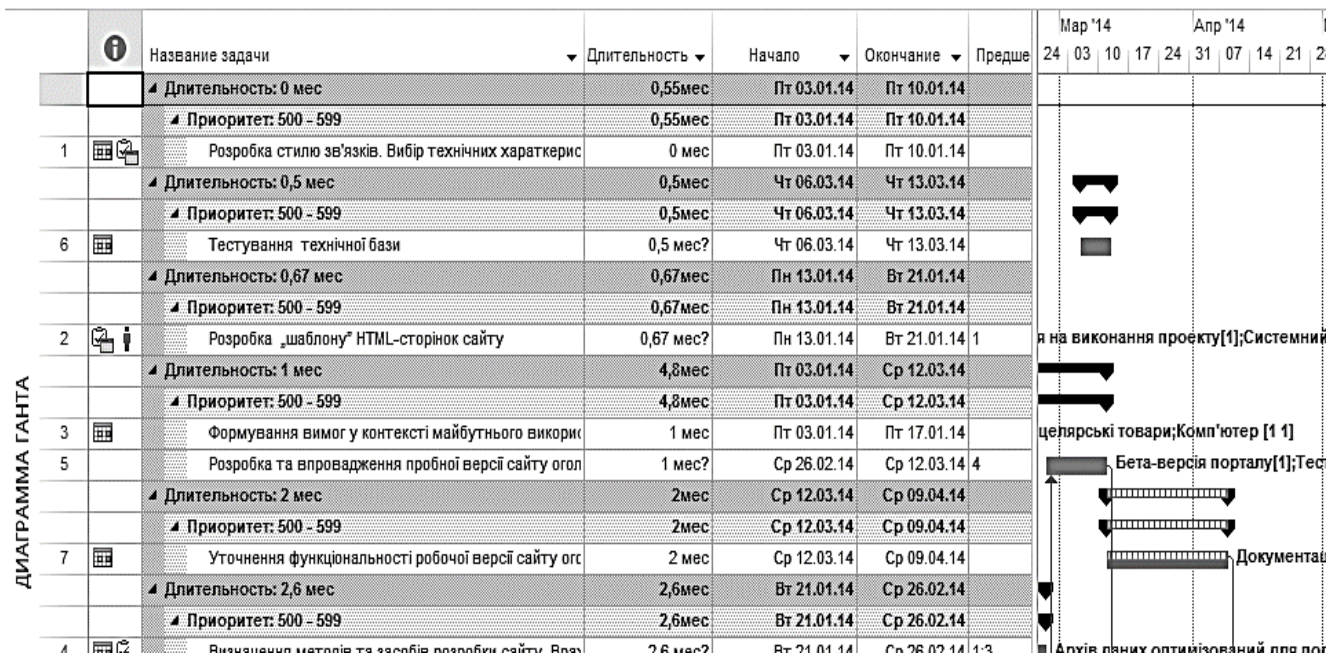
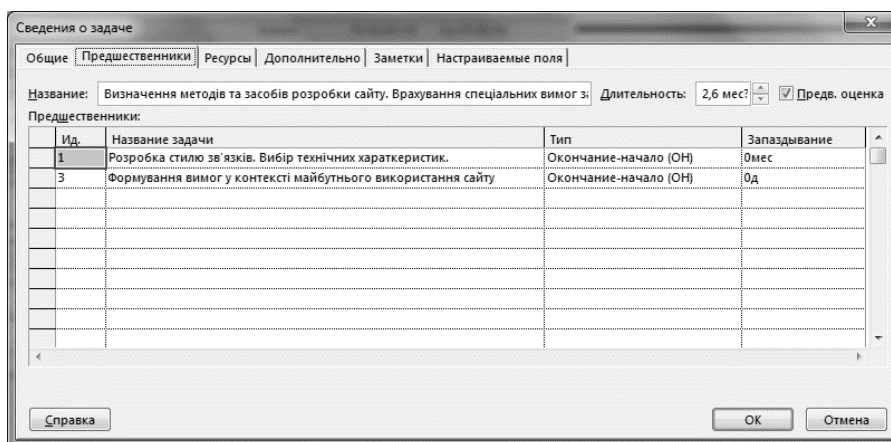


Рис. 4.9. Вікно діаграми Ганта з введеними задачами

Діаграма Ганта відображає строки початку й закінчення взаємозалежних робіт із вказівкою ресурсів, що використовуються для їх виконання. На графіку горизонтально розміщена шкала часу, а вертикально – список завдань. Довжина відрізків, що позначають завдання проекту, пропорційна тривалості завдань. Для кожної задачі потрібно зазначити тривалість, тип обмеження («якомога раніше», «закінчення не пізніше»), задачі-попередники й типи зв'язку між ними («закінчення – початок», «початок початок» і т. д.).

Заповнення інформацією всіх закладок у вікні діалогу «Відомості про задачу» (рис. 4.10 (позиція (а)) дозволяє сформуванати масив даних про проект. Надалі цей масив можна відображати різними способами та обробляти, наприклад, методами PERT-аналізу (Луценко, Люта, & Попадянець, 2011; Луценко, Люта, Головенський, & Сторчак, 2012). Далі виконується ресурсне планування проекту. Для цього

заповнюється лист ресурсів (рис. 4.10 (позиція б)) та здійснюється призначення ресурсів відповідним задачам (рис. 4.10 (позиція в)).

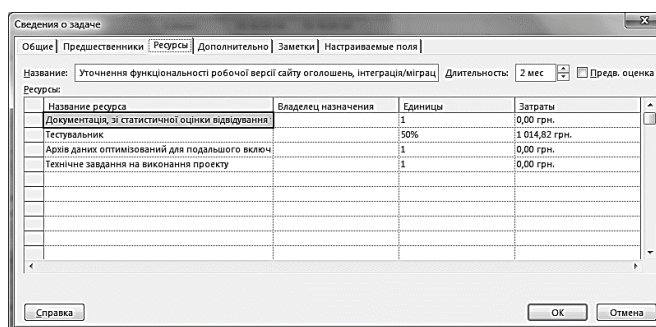


(а)

	Название ресурса	Тип	Краткое название	Макс. единиц	Стандартная ставка	Ставка зрхурочч	Затраты на исполъз.	Начисление	Базовый календарь
	Тип: Трудовой	Трудовс		300%			2 000,00 грн.		
8	Системний адміністратор	Трудовой	С	50%	2 743,48 грн./мес	0,00 грн./ч	0,00 грн.	Пропорциональное	Стандартный
9	Програміст	Трудовой	П	50%	1 575,42 грн./мес	0,00 грн./ч	0,00 грн.	Пропорциональное	Стандартный
10	Тестувальник	Трудовой	Т	50%	1 014,82 грн./мес	0,00 грн./ч	0,00 грн.	Пропорциональное	Стандартный
11	Замовник (робота з контентом)	Трудовс	З	50%	1 014,82 грн./мес	0,00 грн./ч	0,00 грн.	Пропорциональное	Стандартный
15	Витрати на відрядження	Трудовой	В	100%	0,00 грн./ч	0,00 грн./ч	2 000,00 грн.	Пропорциональное	Стандартный
	Тип: Материальный	Материал					10 000,00 грн.		
1	Технічне завдання на виконання проекту	Материал	Т		0,00 грн.		0,00 грн.	Пропорциональное	
2	Архів даних оптимізований для подальшого включення в портал	Материал	А		0,00 грн.		0,00 грн.	Пропорциональное	
3	Бета-версія порталу	Материал	Б		0,00 грн.		0,00 грн.	Пропорциональное	
4	Документація, зі статистичної оцінки відвідування та користування матеріалами порталу	Материал	Д		0,00 грн.		0,00 грн.	Пропорциональное	

ЛИСТ РЕСУРСОВ

(б)



(в)

Рис. 4.10. Закладка «Предшественники» вікна «Відомості про задачу» (а); лист ресурсів із унесеними даними (б); закладка «Ресурсы» вікна «Відомості про задачу» (в)

Після цього у відповідному стовпчику з'явиться виділений за замовчуванням відсоток робочого часу, рівний або максимальним одиницям для даного ресурсу, або 100 %. Для матеріальних ресурсів одиницями є кількість. Призначення ресурсів може вплинути на план виконання робіт, якщо деякі ресурси виявляються перевантаженими. Відповідно, говорити про виконання певної роботи на базі саме цих ресурсів у встановлені терміни не доводиться, й такий план потребує редагування.

Для представлення даних про проект у MS Project можна використовувати календарний розклад, діаграму Ганта, діаграму ходу робіт, сітковий графік та ін. Сітковий графік є зручним представленням робіт проекту, яке відбиває їх послідовність та взаємозв'язок (рис. 4.11). При побудові сіткового графіка MS Project відразу розраховує характеристики проекту і визначає критичний шлях. Шляхом уточнення взаємозв'язків між завданнями можна спробувати скоротити тривалість критичного шляху. Створений план приймається як базовий, і з цього моменту розпочинається реалізація проекту. На етапі реалізації здійснюється контроль за ходом виконання робіт та, за потреби, внесення змін до базового плану.

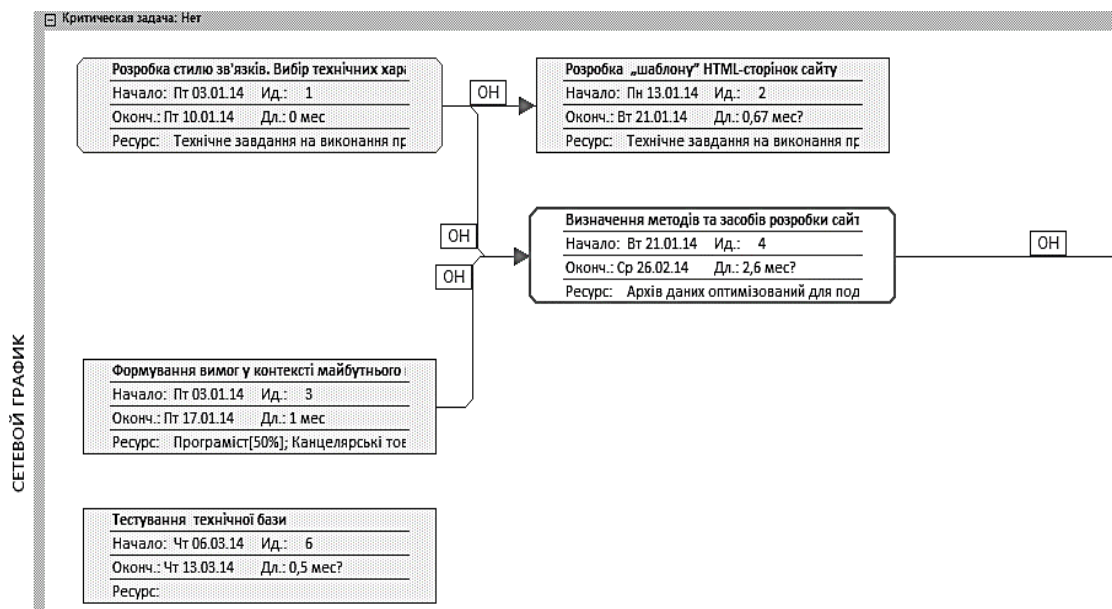


Рис. 4.11. Сітковий графік проекту

MS Project характеризується можливістю створювати професійні графічні звіти без необхідності експорту даних в іншу програму. Користувачі можуть

додавати графіки, зображення, анімацію, посилання тощо. Відповідно до оновлених графічних можливостей формування звітів були розроблені нові шаблони, працюючи з якими користувач може легко додавати або виділяти потрібні елементи (Луценко, 2014). Результатом виконання завдання мають бути розроблений розклад проекту із заданими часовими зв'язками, виведений критичний шлях, введено дані про ресурси проекту та виконано оцінку їх перевантаженості, сформовано звіти за різними критеріями. Приклад звіту наведено на рис. 4.12.

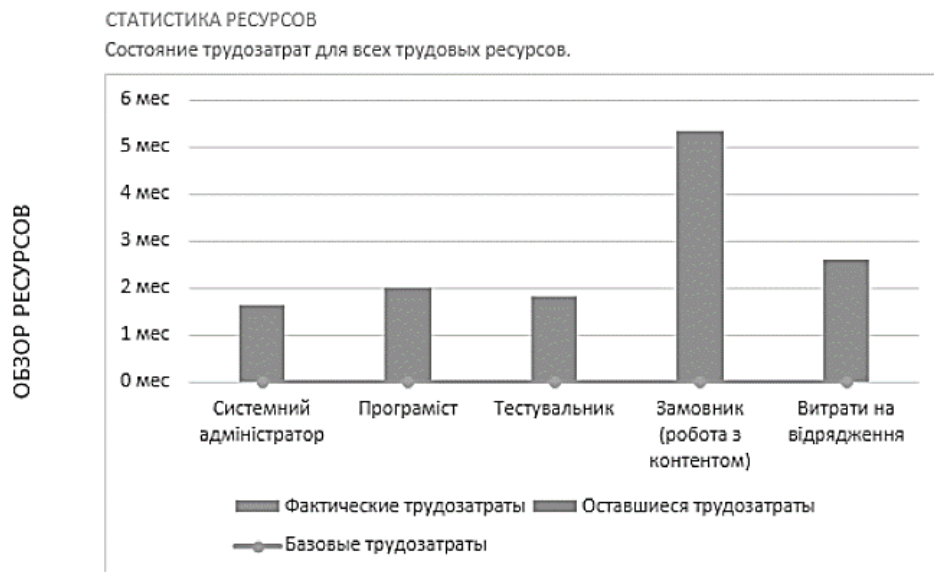


Рис. 4.12. Приклад звіту за проектом

Навички, здобуті студентами інженерних спеціальностей при вивченні методології управління проектами, можуть використовуватися на практиці в їх подальшій проектній діяльності, наприклад, у складі команд, що працюють над колективними проектами. Метою колективного проекту, що реалізовувався спільно студентами фізичної та інженерної спеціальностей у 2009–2011 роках, було створення динамічного Інтернет-ресурсу для забезпечення інтерактивного доступу студентів, магістрантів та науковців України та закордонних колег до освітніх наукових та методичних ресурсів світового рівня з напрямку «Дифузія та фазові перетворення» (Луценко & Луценко, 2009б; Луценко & Луценко, 2009в).

Відповідно до визначеної мети проекту для розробників веб-порталу було визначено подані нижче завдання (Луценко & Луценко, 2009б):

1. Створення веб-сайту «DIFTRANS», статичний контент якого міститиме наукові та навчально-методичні матеріали з курсів «Дифузія та фазові перетворення», «Фізика твердого тіла», «Фізика металів», «Матеріалознавство» та «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів». Створення баз навчально-методичних матеріалів для підтримки вузькоспеціалізованих курсів на даний час є скоріше винятком. Подібний добір матеріалів буде корисним як для викладачів з різних ЗВО, так і для студентів відповідної спеціальності, які зможуть побачити приклади вже реалізованих моделей і за визначеними алгоритмами спробувати виконати подібні розробки.

2. Створення веб-сторінок для наукових груп, на яких представники цих груп, окрім інформаційних матеріалів про напрями їхньої наукової діяльності, могли б надавати консультації за визначеною тематикою (теоретичні питання, комп'ютерне моделювання, експериментальні дослідження).

3. Створення файлообмінного ресурсу, який дозволить авторизованим користувачам обмінюватися власними програмними продуктами для комп'ютерного моделювання дифузійних процесів.

4. Створення діючого на постійній основі форуму «Дифузія та дифузійні фазові перетворення», метою якого є інтерактивне спілкування студентів, аспірантів та наукових працівників різних країн.

Питання наповнення зазначеного веб-порталу контентом і написання програмного забезпечення покладалося на студентів та викладачів спеціальності «Фізика», тоді як перед студентами інженерної спеціальності стояло завдання розроблення необхідних UML-діаграм та автоматизованої системи управління розробленням веб-порталу. Основним завданням було визначено розроблення автоматизованої системи управління, що дозволила спланувати задачі кожного з учасників проекту відповідно до їхньої кваліфікації та напряму діяльності й визначити перебіг проекту від створення програмного коду до, власне, формування наповнення розробленого сайту контентом.

Визначаючи таке завдання (у цьому та в інших проектах), ми фактично залучали студентів інженерної спеціальності до виконання функціональних

обов'язків тим лідера (team lead) та технічного керівника (tech lead), інтегруючи навички проектного менеджменту та розробника-практика. З погляду освітньої діяльності таке поєднання створює умови для інтегрованого розвитку фахових і загальних компетентностей, розвиває почуття відповідальності за власну діяльність і вміння приймати й відстоювати рішення в умовах співпраці з експертами з різних галузей.

Для планування виконання основних завдань проекту – обсягів, часу, витрат – менеджеру і команді проекту треба знати, які роботи виконувати, хто їх буде виконувати, які кошти і ресурси виділяються на ці роботи і якою є структура відповідних затрат. Відповіді на ці запитання дає структуризація проекту, яка полягає у формуванні структури проектних робіт, затрат й узгодженні їх із організаційною структурою проектної команди.

Структуризація проекту – це (Батенко, Загородніх, & Ліщинська, 2003):

- один із інструментів організації проекту, який передбачає визначення кола робіт, що їх необхідно виконати, відповідальних за ці роботи; виконання основних кроків для створення організації проекту, розподіл основних завдань між виконавцями, встановлення комунікаційних зв'язків;
- основа створення системи управління проектом через запровадження схеми тотальної інтеграції; структуризації і кодування, які використовуються для того, щоб інтегрувати виконувані роботи й організацію проекту; встановлення ієрархії планів і звітів у розрізі проекту та організаційних підрозділів. Мається на увазі, що взаємозв'язок структури проекту й організаційної структури визначає блоки для планування і контролю, коли певний підрозділ організаційної структури виконує якийсь блок робіт за проектом. Таким чином визначається ієрархія, або рівні планування, контролю і звітності щодо проекту та організаційних елементів.

Для виконання структуризації було визначено основні етапи робіт із розроблення веб-порталу, терміни їх виконання та результати виконання відповідних етапів (таблиця 4.17) (Луценко, Люта, & Попадянець, 2011).

Відповідно до таблиці 4.17 було розроблено робочу структуру проекту (Work Breakdown Structure — WBS), організаційну структуру проекту (Organization

Breakdown Structure — OBS) і затратну структуру проекту (Cost Breakdown Structure — CBS).

На рис. 4.13 (позиції а, б) подано діаграми описаного проекту, які дають уявлення як про перелік задач, що ставляться перед виконавцями, так і про розподіл обов'язків між ними.

Таблиця 4.17

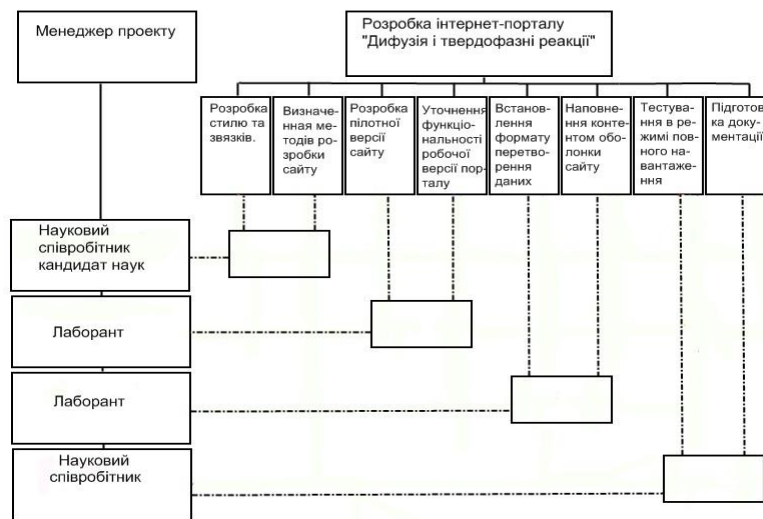
Структура етапів проекту

№ з/п	Етапи робіт	Науково-технічна продукція
1.	Розроблення стилю сторінок і зв'язків Розроблення «шаблону» HTML-сторінок	Технічне завдання на виконання проекту
2.	Визначення методів та засобів розроблення сайту. Врахування спеціальних вимог замовника (узгодження бачення наповнення інтернет-порталу потенційними користувачами)	Архів даних оптимізований для подальшого включення в портал
3.	Розроблення та впровадження пілоотної версії Інтернет-порталу, тестування стійкості технічної бази до відмов	Бета-версія порталу
4.	Уточнення функціональності робочої версії веб-порталу, інтеграція/міграція даних	Документація зі статистичного оцінювання відвідування та користування матеріалами порталу
5.	Встановлення формату перетворення даних Тестування функціональної стійкості	Функціонально повна робоча версія порталу
6.	Наповнення контентом оболонки розробленого порталу відповідно до обраного формату представлення даних	Функціонально повна робоча версія порталу з наповненням
7.	Тестування у режимі повного навантаження	Завершений програмний продукт здано в експлуатацію
8.	Підготовка техніко-економічної та нормативної документації для підтримки роботи порталу	Інструкція користувача, документи про реєстрацію авторських прав на електронний твір тощо

У ході виконання проекту в середовищі MS Project було розроблено ряд основних діаграм та графіків, а саме: сітковий графік, що є графічним представлення робіт проекту та відображає їх послідовність та взаємозв'язок; календарний графік, що відбиває планові й фактичні дані про початок, кінець і тривалість кожного робочого елементу; діаграма Ганта – лінійний графік, що задає строки початку й закінчення взаємозалежних робіт із вказівкою ресурсів, які використовуються для їх виконання.



(a)

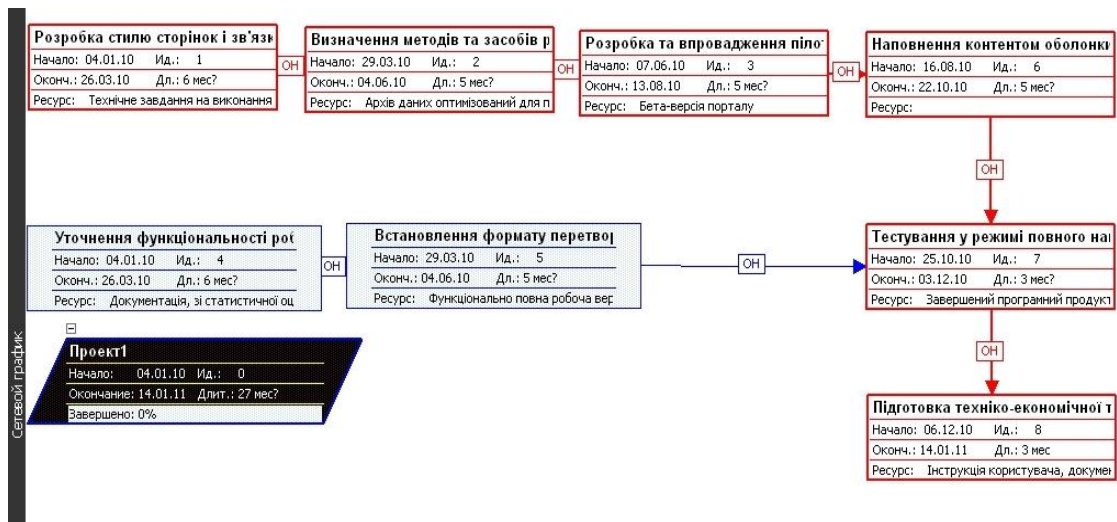


(б)

Рис. 4.13. Робоча структура проекту створення веб-порталу (а); двоспрямована структура проекту створення веб-порталу (б)

При побудові сіткового графіка проекту середовище MS Project відразу розраховує його характеристики і визначає критичний шлях, який показує найменший час, який потрібно, аби повністю виконати всі роботи за проектом. І хоча ретельніший аналіз проекту можливий лише після призначення наявних ресурсів, уже на цьому етапі можна спробувати скоротити тривалість критичного шляху. Один з можливих способів — уточнення взаємозв'язку між завданнями. На рис. 4.14 (позиція а) показано, що проект розроблення веб-порталу складається з 8 задач. Дві задачі виконуються паралельно з іншими, що дозволяє скоротити терміни виконання проекту до 11 місяців.

Логічні зв'язки для всього проекту – це «Початок–кінець», що означає, що одна задача починається тільки після закінчення попередньої, а не під час її виконання. Якщо відбувається відставання від графіка або одна задача виявляється довшою для виконання, ніж це передбачається проектом, то MS Project автоматично виставить нові календарні строки, які дозволять закінчити проект найшвидше.



(а)

Связки

ИД	Имя задачи	Тип связи	Длительность
1	Розробка стилю сторінок і зв'язки	окончание-начало (ОН)	6мес
5	Визначення методів та засобів р	окончание-начало (ОН)	6мес
3	Розробка та впровадження пілої	окончание-начало (ОН)	6мес
4	Уточнення функціональності роі	окончание-начало (ОН)	6мес
2	Встановлення формату перетвоі	окончание-начало (ОН)	6мес
6	Наповнення контентом оболонки	окончание-начало (ОН)	6мес
7	Тестування у режимі повного наі	начало-начало (НН)	0д
8	Підготовка техніко-економічної т	начало-начало (НН)	3мес
0	Проект	зачетывание	

Целевые значения:

Разрешено: Целевые значения задачи и назначения задачи документация и т.д. Идентификатор: 3мес Целевые значения

Опции: Опция Целевые значения Ресурсы Уточнительно Значения

Инструменты: Инструменты

Связки о записе

(б)

Рис. 4.14. Сітковий графік проекту (а); інформація про задачу (б)

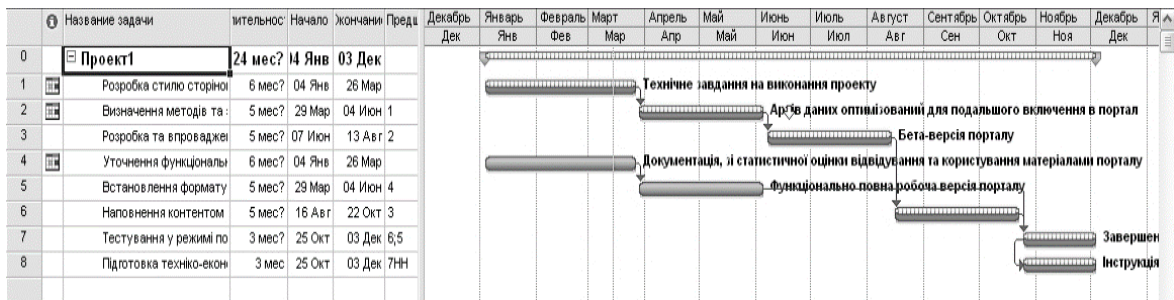
Поле налаштування задачі сіткового графіка містить 5 закладок. Кожна з них відповідає за зручний доступ до параметрів задачі та їх простого налаштування. На рис. 4.14 (позиція б) подано одну із закладок, а саме *Попередні задачі*. Вона, у свою чергу, поділяється на чотири додаткові: закладка *Ідентифікація* показує, як задачі слідує одна за одною, тобто задача з індексом 1 є найпершою, а задача з індексом

7 є останньою. Закладка *Назва задачі* містить перелік назв самих задач. Закладка *Тип* містить інформацію про логічні зв'язки між задачами, а закладка *Запізнювання* використовується для того, щоб у разі порушення визначених термінів виконання проекту їх можна було виправити.

На діаграмі Ганта, поданій на рис. 4.15 (позиція а), показаний весь шлях виконання проекту. Окрім того, на діаграмі Ганта можна побачити деталі про проект, розташовані в окремому вікні (рис. 4.20). Це вікно представлено таблицею, і в ньому подані завдання проекту, його тривалість, початок і кінець, а також є вікно, в якому показано, яка задача передувала іншій. Це є досить доречно, оскільки видно, скільки задач та в якому порядку вони виводяться на графіку.



(а)



(б)

Рис. 4.15. Діаграма Ганта проекту розроблення веб-порталу (а); розширена діаграма Ганта (б)

MS Project, формуючи календарний графік проекту безпосередньо після опису його структури, трохи забігає вперед. Тобто наявність необхідної кількості ресурсів здатна забезпечити скорочення часу реалізації проекту, а їх нестача, навпаки, може привести до його затягування.

Зміни розкладу проекту, пов'язані із призначенням і перерозподілом ресурсів, MS Project виконує автоматично. Водночас у складі MS Project є засоби, що дозволяють за потреби налаштовувати параметри використання ресурсів проекту. У загальному випадку під ресурсами в MS Project розуміється все те, що необхідно для реального виконання робіт проекту: виконавці (люди або механізми), електроенергія, різні видаткові матеріали й, звісно, кошти, що є універсальним засобом виміру одного з основних показників проекту – вартості.

Діаграма ресурсів становить таблицю, що містить усю інформацію про проект (рис. 4.16).

	Название ресурса	Тип	Единицы измерения материалов	Краткое название	Группа	Макс. единиц	Стандартная ставка	Ставка сверхурочных	Затраты на исполз.	Начисление	Базовый календарь
1	Технічне завдання на виконання проекту	Матеріальний		Т			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
2	Архів даних оптимізований для подальшого включення в	Матеріальний		А			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
3	Бета-версія порталу	Матеріальний		Б			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
4	Документація, зі статистичної оцінки відвідування та корі	Матеріальний		Д			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
5	Функціонально повна робоча версія порталу	Матеріальний		Ф			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
6	Завершений програмний продукт зданий у експлуатацію	Матеріальний		З			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
7	Інструкція користувача, документи про реєстрацію автос	Матеріальний		І			0,00р.		0,00р.	Пропорциональное	
8	Викладач 1	Трудовой		В		50%	2 743,48р./ч	0,00р./ч	0,00р.	По окончании	Стандартны
9	Викладач 2	Трудовой		В		50%	1 575,42р./ч	0,00р./ч	0,00р.	По окончании	Стандартны
10	Лаборант 1	Трудовой		Л		50%	1 014,82р./ч	0,00р./ч	0,00р.	По окончании	Стандартны
11	Лаборант 2	Трудовой		Л		50%	1 014,82р./ч	0,00р./ч	0,00р.	По окончании	Стандартны

Рис. 4.16. Розширена діаграма ресурсів

У закладці *Назва ресурсів* проводяться не тільки задачі проекту, а й перелік осіб, що виконують задачі цього проекту. Відповідно до розробленого завдання проект виконують 4 особи (посади, що зазначені в діаграмі ресурсів (Викладач 1, Лаборант 1) мають умовний характер для команди проекту). У закладці *Тип* подано поділ ресурсів за типами: задачі, що виконуються у рамках проекту, мають тип *Матеріальний*, а люди, що виконують проект, мають тип *Трудовой*. У закладці *Стандартна ставка* числові значення виставляються тільки стосовно трудових ресурсів, тобто це та сума коштів, що будуть виплачені робітнику за повний місяць його роботи. Закладка *Максимальні одиниці* теж стосується трудових ресурсів. Вона визначає, чи повний день працюють працівники. У випадку проекту розроблення веб-порталу працівники працюють неповний робочий день, а саме 4 години, тобто 50 відсотків.

4.5. Використання сучасних програмних продуктів при впровадженні проектно орієнтованого навчання

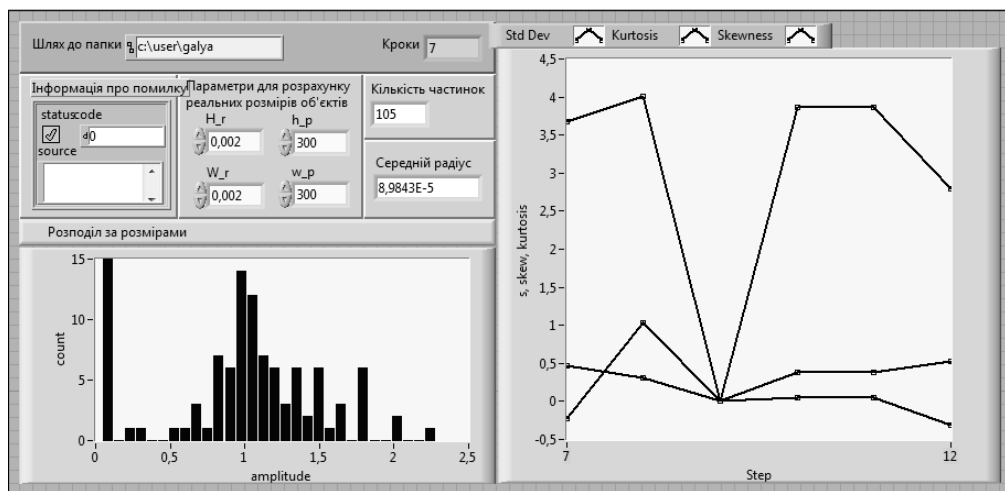
Використання сучасного програмного забезпечення під час навчання дисциплін циклів математичної, природничо-наукової, професійної та практичної підготовки, а також написанні курсових, бакалаврських та магістерських робіт студентами інженерних спеціальностей є важливим елементом модернізації освітніх програм підготовки майбутніх інженерів у цілому. Зазначимо, що набір програмних продуктів компанії National Instruments включає середовище NI LabVIEW, за допомогою якого можна створювати власні програмні продукти з використанням спеціалізованої графічної мови програмування, а також спеціалізовані модулі розширення, кожен з яких орієнтований на виконання певного класу задач – отримання та обробку графічних зображень, дослідження вібросигналів, ідентифікацію об'єктів автоматизації тощо.

Сайт компанії National Instruments містить значну за обсягом базу прикладів, що постійно оновлюються, коли виходять нові версії програмного забезпечення чи у відповідь на запитання користувачів. Середовище LabVIEW може використовуватися для управління традиційними приладами, а також для створення віртуальних приладів та управління ними. Віртуальні прилади визначені виключно програмно, на комп'ютері, але взаємодіють з різними датчиками, пристроями (Луценко & Луценко, 2009а). Доступність уніфікованих функціональних блоків з різноманітними технічними характеристиками, зручність і продуманість засобів проектування зводять процес створення сучасних вимірювальних систем та систем управління до компонування та конфігурування апаратури, забезпечення взаємодії з додатками.

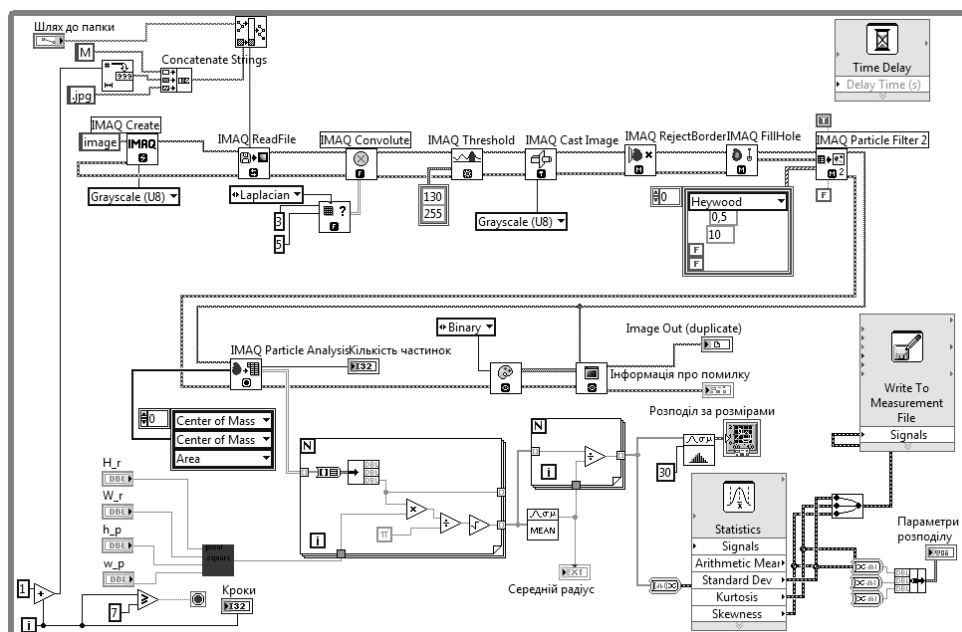
LabVIEW – це мова графічного програмування, у якій для створення додатків використовуються графічні образи (іконки) замість традиційного текстового коду. Від користувача пакету не вимагається знання мов програмування, але, звичайно, вони повинні мати уявлення про алгоритм, цикл, вихід за умовою тощо. Усі дії зводяться до побудови структурної схеми додатка в інтерактивній графічній

системі з набором усіх необхідних бібліотечних образів, з яких складають об'єкти, що називаються Віртуальними Інструментами (VI) (Бутырин, Васьковская, Каратаева, & Матеркин, 2005; Суранов, 2005; Тревис, 2005).

Програма у LabVIEW створюється одночасно у двох вікнах, одне з яких називається лицьовою панеллю (рис. 4.17а) і містить елементи керування (перемикачі, регулятори, кнопки) й виведення (індикатори, діаграми). Друге вікно називається блок-діаграмою (блок-схемою) (рис. 4.17б) і містить графічний код, а саме процедури програмування (цикли, оператор умови), математичні оператори, елементи роботи з масивами, файлами даних та ін.



(a)



(б)

Рис. 4.17. Лицьова панель (а) та блок-діаграма (б) програми LabVIEW

Рівень упровадження передових технологій у навчальну та наукову діяльність визначає рівень підготовки спеціалістів у сучасних умовах. До найпоширеніших завдань, що постають перед студентами інженерних спеціальностей, належить виконання математичного моделювання об'єктів, процесів та систем різного призначення. Створювані математичні моделі використовуються для вивчення явищ та процесів або для прогнозування їх функціонування. Ідентифікація систем – це метод побудови математичних моделей динамічних систем, що широко використовується для різних сфер діяльності, серед яких механіка, біологія, метеорологія, економіка та проектування систем управління. Створення систем управління засобами моделювання повсякчас передбачає ідентифікацію моделей установок, аналіз та синтез контролерів.

Для студентів інженерної спеціальності 151 АКІТ Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького навчальний план передбачає вивчення дисципліни «Системи проектування, ідентифікації та моделювання». Матеріал дисципліни передбачає вивчення основних методів і принципів ідентифікації та побудови математичних моделей об'єктів автоматизації. Вивчення дисципліни «Системи проектування, ідентифікації та моделювання» відбувається на 4 курсі та передбачає виконання курсової роботи з метою максимально широкого охоплення як теоретичних питань, так і питань, що мають практичну спрямованість (Луценко, 2017а). В Одеській національній академії зв'язку імені О. С. Попова освітня програма спеціальності 151 АКІТ передбачає вивчення дисципліни «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації» для спеціалізації 151.1 Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та прикладне програмування. На її вивчення передбачено 6 кредитів ЄКТС. Аналіз представлених на сайтах ЗВО України освітньо-професійних програм за відповідною спеціальністю підтверджує введення матеріалів з ідентифікації і моделювання (переважно на 3–4 курсах).

Вивчення дисципліни «Системи проектування, ідентифікації та моделювання» (чи «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації») ґрунтується на поєднанні опанування теоретичного матеріалу та обов'язковому

розгляді широкого спектру ситуацій практичного застосування задач ідентифікації (Луценко, 2018б). Зазначимо також, що дисципліна «Системи проектування, ідентифікації та моделювання» має розгалужені міждисциплінарні зв'язки, формуючи в студентів потребу звертатися до матеріалу, вивченого раніше. Так, завдання аналізу статистичних характеристик об'єкта за даними пасивного експерименту передбачає визначення статистичних характеристик (середнього, медіани, дисперсії, середньоквадратичного відхилення), побудову гістограм, обрахунок коефіцієнтів кореляції та оцінювання гіпотез про стаціонарність та нормальність законів розподілу з використанням t-критерію, критерію χ^2 тощо. Інформація, потрібна для виконання таких завдань, вивчається студентами в курсі «Теорія ймовірностей та випадкові процеси» у 5 семестрі.

Здійснюючи планування проблемного завдання, скористаємося структурою, що містить сім ключових позицій, серед яких формулювання цілей навчання, вибір типу проблем; масштаб та тривалість проектів; види діяльності студентів; роль та завдання викладачів; організація навчального простору студентів; вибір системи оцінювання (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009).

У контексті вибору типу проблемного завдання зазначимо, що типове завдання, яке виноситься студентам на опрацювання, вимагає розв'язання задачі ідентифікації певного технологічного процесу та включає аналіз статистичних характеристик досліджуваного об'єкта, обрання структури статичної моделі об'єкта та її побудову, а також побудову динамічних моделей досліджуваного об'єкта за даними пасивного експерименту (Луценко, 2018а). Окремим завданням, реалізація якого можлива лише за умов належного оснащення, є створення системи збору даних про досліджуваний об'єкт. Мова йде про розроблення вимірювальних апаратно-програмних комплексів, основними елементами яких є датчики різного призначення, програмовані плати (Arduino) та ПК (для нашого випадку з установленим LabVIEW). У результаті вимірювання формується неімітований масив даних, обробка якого й є завданням курсової роботи. Для розроблення апаратної частини студенти звертаються до матеріалу, що вивчається в курсі «Електроніка та мікропроцесорна техніка» протягом 5–7 семестрів.

Деталізуючи завдання до даного проекту, ми визначили такі види діяльності студентів під час виконання завдання (Шаповаленко, 2010):

1. Сформувати команду.
2. Опрацювати завдання, що виноситься на виконання.
3. Знайти та опрацювати джерела (у групі).
4. Виконати завдання лабораторних робіт з курсу (у групі).
5. Здійснити аналіз статистичних характеристик об'єкта за даними пасивного експерименту та обрати структуру моделі.
 - 5.1. Визначити середнє, медіану, дисперсію, середньоквадратичне відхилення для всіх вимірювань параметрів на вході та виході.
 - 5.2. Побудувати графіки та гістограми кожного параметра.
 - 5.3. Обчислити матрицю коефіцієнтів кореляції параметрів.
 - 5.4. Виконати оцінку про стаціонарність даних за однією з гіпотез.
 - 5.5. На підставі попередніх досліджень дати рекомендації щодо структури моделі.
6. Визначити параметри статичної моделі об'єкта за обраною структурою. Здійснити аналіз побудованої статичної моделі.
 - 6.1 Побудувати статичну модель технологічного об'єкта відповідно до індивідуального завдання у вигляді однієї з лінійних чи змішаних моделей.
 - 6.2. Визначити міру адекватності статичної моделі як середньоквадратичне відхилення моделі й об'єкта.
 - 6.3. Визначити завадостійкість моделі та міру обумовленості матриці.
7. Визначити динамічні моделі об'єкта за даними пасивного експерименту.
 - 7.1 Визначити кореляційні функції та побудувати їх графіки.
 - 7.2. Визначити імпульсні характеристики та побудувати їх графіки.
 - 7.3 Визначити частотні й спектральні характеристики.
 - 7.4. Побудувати відповідно до індивідуального завдання параметричні моделі в тета-форматі.
8. Здійснити аналіз результатів побудови динамічної моделі.
 - 8.1. Визначити значення виходу та помилки моделі.

8.2. Побудувати графіки виходу об'єкта й динамічної моделі в одному рисунку.

8.3. Визначити спостережуваність та керованість об'єкта.

9. Підготувати підсумковий звіт.

10. Підготувати усну презентацію.

11. Відповісти на запитання під час презентації.

У таблиці 4.18 наведено перелік видів діяльності студентів під час виконання проекту та програмові результати навчання із зазначенням їх номеру відповідно до переліку, наведеного в матеріалах проекту Tuning-AHELO.

Виконання кожного з елементів завдання вимагає узгодженого використання концептуальних та процедурних знань. Зважаючи на об'ємний характер завдання, доречно організувати його вирішення у вигляді проектної роботи студентів з дотриманням ідей і принципів, розглянутих у попередньому розділі. Уся інформація, що стосується проблемного завдання та особливостей його виконання, має бути представлена студентам на початку семестру.

Особливе значення має підтримка студентів в усвідомленні ними їхньої нової, незалежної та відповідальної ролі учасників навчального процесу. Тому на початку семестру обов'язково має бути організована спеціальна зустріч для студентів та викладачів-консультантів проекту, метою якої є ознайомлення студентів з особливостями роботи в команді, обміну знаннями та спільного прийняття рішень. Матеріали зустрічі мають також бути представлені в електронному вигляді. За потреби, таку зустріч можливо провести повторно. Як уже зазначалося раніше, підходи до формування студентських груп є надзвичайно різноманітними – за вибором студентів випадковим чином, з урахуванням їхніх попередніх академічних досягнень, гендерного балансу тощо. На нашу думку, протягом усього циклу навчання варто поступово застосувати кожен з можливих варіантів насамперед для уникнення ситуацій із некоректним розподілом обов'язків між студентами всередині сформованих груп та наближення умов діяльності до реальних обставин.

Повертаючись до питання організації навчального простору, зазначимо, що для виконання більшої частини роботи студентам потрібне насамперед спеціалізоване програмне забезпечення.

Таблиця 4.18

**Відповідність між видами діяльності студентів та
програмовими результатами навчання**

Види діяльності студентів	Номер відповідно до переліку Tuning AHELO	Опис
Сформувати команду	18, 19	Робота в команді, вміння спілкуватися
Опрацювати завдання, що виносяться на виконання, спланувати їх виконання (у групі)	18, 17	Робота в команді, здатність до самоспрямованого навчання
Знайти та опрацювати джерела (у групі)	18, 4, 7	Робота в команді, здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях, робота з інформацією
Виконати завдання лабораторних робіт з курсу (у групі)	5, 8	Здатність здійснювати аналіз інженерних об'єктів, процесів та методів, здатність проводити експерименти
Здійснити аналіз статистичних характеристик об'єкта за даними пасивного експерименту та обрати структуру моделі	1, 6	Застосування набутих знань
Визначити параметри статичної моделі об'єкта за обраною структурою. Здійснити аналіз побудованої статичної моделі	1, 6	Застосування набутих знань
Визначити динамічні моделі об'єкта за даними пасивного експерименту	1, 6	Застосування набутих знань
Здійснити аналіз результатів побудови динамічної моделі	1,6	Застосування набутих знань
Підготувати підсумковий звіт	19, 11	Уміння спілкуватися, здатність обирати та використовувати відповідне ПЗ
Підготувати усну презентацію	19, 11	Уміння спілкуватися, здатність обирати та використовувати відповідне ПЗ
Відповісти на запитання під час презентації	19	Уміння спілкуватися

Його доступність робить можливим виконання завдань навіть у непростих матеріально-технічних обставинах. Слід також звернути увагу на різноманіття онлайн ресурсів, що надають широкі можливості для виконання певних розрахунків, оформлення даних тощо.

Зазначимо, що оцінювання загальних компетентностей завжди є складнішим порівняно з фаховими компетентностями, для яких доцільно використовувати оціночні шкали, подібні до наведених у підрозділі 4.4. Опрацювавши ряд джерел, ми обрали наступні індикатори для наведених вище загальних компетентностей (таблиця 4.19) (Warnock & Mohammadi-Aragh, 2016).

Таблиця 4.19

Опис загальних компетентностей та їх індикаторів

Опис компетентності	Індикатор
Здатність до самоспрямованого навчання	Студенти здатні пояснити власні міркування та відповісти на запитання за тематикою проекту
	Студенти впевнено користуються інформацією з релевантних джерел
Уміння спілкуватися	Студенти вміють упорядковано представити контент
	Студенти вміють формулювати ідеї
	Студенти можуть пояснити ідеї, використовуючи відповідні графіки, діаграми тощо
Робота в команді	Студенти активні під час зустрічей команди, що сприяє їх ефективному проведенню
	Студенти підтримують внесок інших учасників команди, обмінюючись необхідною інформацією
	Студенти дотримуються етичних принципів у спілкуванні
	Студенти вміють розподіляти ролі в команді та відповідально виконувати їх
	Студенти підтримують конструктивну діяльність команди

На відміну від прикладу, описаного в попередньому підрозділі, коли проектна діяльність була одночасно й способом організації навчання, й предметом вивчення, використання сучасних програмних продуктів тісно пов'язане зі здатністю студентів адаптуватися до програмних вимог, що постійно змінюються. У такому випадку на особливу увагу заслуговує формування навичок самоспрямованого навчання.

Для оцінювання рівня сформованості у студентів навичок самоспрямованого навчання використовується шкала SDLRS (self-directed learning readiness scale), запропонована в 1977 році Люсі Гульєльміно (Guglielmino, 1977). Шкала була розроблена з використанням методу експертних оцінок (методу Дельфі), у рамках якого було організовано три раунди опитування з метою ідентифікації та ранжування характеристик, які розглядаються як важливі складові здатності до самоспрямованого навчання.

На практиці SDLRS використовується для опитувань у вигляді п'ятиточкової шкали Лайкерта. Відповіді на запитання за цією шкалою можуть бути такими:

- 1 = майже ніколи/цілком незгодний(а);
- 2 = нечасто/переважно незгодний(а);
- 3 = можливо;
- 4 = часто/переважно згодний(а);
- 5 = дуже часто/цілком згодний(а).

У таблиці 4.20 наведено приклад запитань шкали SDLRS та шкали для можливих відповідей.

Таблиця 4.20

Шкала оцінювання навичок самоспрямованого навчання

Опис	1	2	3	4	5
Я добре управляю власним часом					
Я можу планувати власні завдання					
У мене хороші навички управління					
Я можу діяти за планом					
Мені потрібен час, щоб почати працювати над новим проектом					

Для інженерних задач, що передбачають виконання математичного моделювання та ідентифікацію об'єктів автоматизації, проектування систем управління для отримання характеристик, наближених до реальних, компанія National Instruments пропонує спеціалізоване програмне забезпечення, що ґрунтується на використанні концепції графічного програмування в середовищі LabVIEW (Larsen, 2011). LabVIEW System Identification Toolkit (NI, 2017в)

допомагає здійснювати ідентифікацію складних систем на основі реальних даних; забезпечує інструментарій та містить потужні бібліотеки для ідентифікації дискретних систем з одним та багатьма входами й виходами; дозволяє в межах одного неперервного циклу досліджувати системи від аналізу отриманих даних до верифікації побудованих моделей.

Відповідно до підходу, що діє для переважної більшості програмних продуктів компанії National Instruments, користувачам пропонується автономне програмне забезпечення NI System Identification Assistant або спеціальні модулі розширення, що встановлюються для середовища LabVIEW. NI System Identification Assistant є інтерактивним автономним програмним забезпеченням для збору даних, їх аналізу, обробки, використання та здійснення ідентифікації систем на основі проведених вимірювань (рис. 4.18). Це програмне забезпечення є надзвичайно зручним для користувачів, адже передбачає виконання операцій із використанням підходу «drag-and-drop», що дозволяє виконувати швидке налаштування вимірювальних систем і використовувати додаткові функції шляхом інтеграції з середовищем LabVIEW.

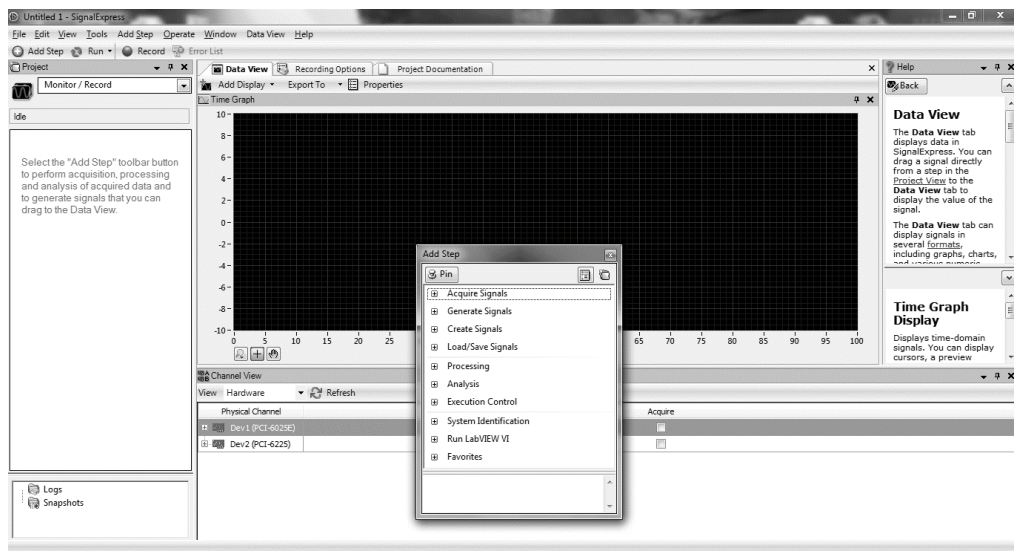


Рис.4.18. Основне вікно програми NI System Identification Assistant

Зазначимо відразу, що обов'язковою передумовою для роботи з NI System Identification Assistant є встановлення пакету NI Signal Express. Пакет NI Signal Express, що дозволяє виконувати автоматизовану реєстрацію даних, генерувати

сигнали довільної форми, виконувати обробку та аналіз даних. Цей пакет пропонує також більш ніж 200 видів вимірювань, функцій обробки, аналізу, побудови звітів тощо (NI, 2017б), що робить його винятково зручним під час розроблення лабораторних стендів із використанням концепції віртуальних пристроїв. Розширити можливості NI Signal Express для збільшення кількості допустимих типів вимірювань можна шляхом створення в LabVIEW спеціалізованих віртуальних інструментів та імпортування їх у NI Signal Express. Також можна перетворювати проекти, створені засобами NI Signal Express, на блок-діаграми LabVIEW для подальшого вдосконалення. Детальний опис особливостей роботи з NI Signal Express та NI DAQ наведено в додатках Г та Д.

Представлений приклад розроблення системи ідентифікації об'єктів автоматизації з використанням програмного забезпечення компанії National Instruments може бути впроваджений у навчальному процесі в якості проблемного завдання для студентів інженерних спеціальностей. Використання проблемного/проектного навчання позитивно впливає на формування у студентів таких фахових і загальних компетентностей, як здатність до інтеграції теоретичних знань та практичної діяльності, навички ефективно спілкуватися та працювати в команді. З іншого боку, надання студентам можливості в процесі вирішення проблемних завдань працювати із сучасним програмним забезпеченням компанії National Instruments, використовуючи так звані віртуальні пристрої, дозволяє запобігати втраті актуальності наповнення освітніх програм підготовки майбутніх інженерів, що особливо актуально у випадку використання інформаційних технологій.

4.6. Міждисциплінарні проекти для студентів інженерних спеціальностей

Перспективним напрямом упровадження проектно орієнтованого навчання є організація міждисциплінарних проектів, що можуть реалізовуватися і для

студентів молодших курсів. Як було показано в таблиці 4.3, серед можливих підходів є організація проектів для дисциплін фізичного профілю (власне фізика, прикладна механіка та основи конструювання, термодинаміка і теплотехніка, гідрогазодинаміка тощо) та дисциплін, спрямованих на вивчення мов програмування та технологій розроблення програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем.

До типових проблем, що можуть виноситися на вирішення студентам у рамках міждисциплінарного проекту, нами віднесено: моделювання фізичних об'єктів (механічних, електричних, теплових тощо), процесів та систем; створення лабораторного обладнання з програмним управлінням та створення веб-програм, за допомогою яких можна виконувати розрахунки з відповідного розділу фізики та візуалізувати їх.

Визначимо спочатку фактичні знання та вміння, що відповідають окресленим вище напрямам діяльності. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ чи процесів стало невід'ємною складовою професійної підготовки студентів інженерних та природничих спеціальностей. Створювані комп'ютерні моделі можуть бути основою демонстрацій для процесів, які неможливо представити іншим способом під час проведення занять (процеси, що протікають надто швидко; процеси, що відбуваються на мікро- чи макрорівні; процеси, які в принципі не можна спостерігати в умовах звичайної аудиторії). Як правило, демонстраційні моделі повинні мати зручний інтерфейс і чітко пророблену візуальну складову, а також можливість, змінюючи параметри протікання процесу, максимально наочно відображати фактори, що впливають на його перебіг. Подібні комп'ютерні моделі можуть використовуватися і для створення комп'ютерних лабораторних практикумів. При цьому задача встановити характеристики протікання процесу, отримавши масив даних та обробивши його, є вже завданням, яке виконують студенти під час лабораторних робіт.

Іншим призначенням комп'ютерних моделей є, власне, отримання якісно чи кількісно нової інформації про перебіг процесу чи явища. Зрозуміло, що такий вид діяльності є, з одного боку, більш складним, але, з іншого, відкриває максимально

широкі можливості для творчої, оригінальної діяльності студентів. Окрім того, він допомагає максимально виразно продемонструвати специфіку дослідницької діяльності від аналізу теоретичних даних на вході, вибору методів дослідження до обробки та аналізу отриманих у процесі розрахунку результатів.

Вибір зазначеної тематики дозволяє:

- урізноманітнити навчальну діяльність студентів, наблизивши її до реальної інженерної практики;
- створити ситуацію практичного використання отриманих студентами знань і навичок;
- сприяти підвищенню мотивації студентів;
- вирішити проблеми із застарілим обладнанням лабораторій, залучивши студентів до розроблення програмних продуктів сучасного покоління;
- сформувати в студентів усвідомлене сприйняття інженерних проблем як таких, що не мають визначеного наперед розв'язку й, відповідно, можуть реалізовуватися різними способами;
- закласти основи навичок командної роботи та спілкування.

Створення веб-програм для здійснення фізичних розрахунків й було визначене для студентів у рамках міждисциплінарного проекту з предметів «Прикладна механіка і основи конструювання» та «Технології розробки програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем».

«Прикладна механіка та основи конструювання» є нормативною дисципліною циклу професійної підготовки в навчальному плані спеціальності 151 АКІТ, на вивчення якої відводиться 4 кредити ЄКТС. Метою дисципліни «Прикладна механіка та основи конструювання» є вивчення методів інженерних розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість деталей та вузлів; специфіки використання техніки при різних видах деформацій і навантажень; схем побудови, принципів роботи та сфер застосування типових конструкцій деталей, вузлів і механізмів машин; основних фізико-механічних властивостей матеріалів та їх поведінку за різних умов.

«Технології розробки програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем» є дисципліною за вибором ЗВО циклу професійної підготовки. На її вивчення відводиться 12 кредитів. Розпочинається опанування дисципліни з вивчення модуля «Системи керування вмістом». Обсяг модуля – 5 кредитів (150 годин), лекційні та лабораторні заняття становлять 33 % (50 годин), решта годин курсу відведена на самостійну роботу студентів.

Системи керування вмістом є спеціальним програмним забезпеченням, що дозволяє полегшити розроблення сайтів для різних сфер людського життя. Серед найпоширеніших систем, що використовуються для представлення документації й створення сайтів організацій, дистанційного навчання, розроблення онлайн-курсів, відзначимо Joomla та WordPress, які й використовувалися студентами під час проекту.

Алгоритм упровадження змін до навчальної програми дисципліни «Прикладна механіка і основи конструювання» відповідав структурі, розглянутій у підрозділах 4.1–4.3. Ураховуючи різний рівень підготовки у сфері програмування та веб-програмування, студентам було запропоновано обрати один з поданих нижче проектів для реалізації.

Проект 1. Використовуючи довільну мову програмування, розробити програмне забезпечення, що дозволить виконувати розрахунки параметрів для наступних задач:

1. Задача розтягу–стискання металевих стержнів постійного перерізу.
2. Задача розтягу–стискання металевих стержнів змінного перерізу.

На захист проекту потрібно представити діюче програмне забезпечення та продемонструвати коректність його роботи. У таблиці 4.21 наведено загальне формулювання проблемного завдання для такого проекту. Слід зазначити, що аналоги програмного забезпечення, яке студенти спеціальності 151 АКІТ мали розробити в проекті, представлене в Інтернеті, однак, як правило, їх використання є платним. У додатку Е наведено приклад короткого опису проектної розробки, підготовленої студентами за результатами попереднього опрацювання інформації у групах.

**Приклад проблемного завдання для розтягу–стискання металевих стержнів
постійного перерізу**

Схема	
Опис	
<p>Стержень складається з трьох ділянок постійного поперечного перерізу A і довжиною l_1, l_2, l_3, відповідно. Стержень навантажено зосередженими силами F_1, F_2, F_3 та рівномірно розподіленим навантаженням q_1, q_2, q_3, які спрямовані вздовж його осі. Необхідно побудувати епюру повздовжніх сил N і визначити площу поперечного перерізу A, яка забезпечує міцність стержня, що визначається величиною допустимих нормальних навантажень та модулем пружності. Побудувати епюру переміщень та визначити зміну довжини стержня.</p>	

Проект 2. Здійснити пошук комп'ютерних систем для виконання розрахунків із прикладної механіки. Підготувати короткий опис принаймні двох програм, з яких одна має бути англійською. Перевірити якість роботи програм, використовуючи приклади, що вирішувалися при виконанні домашніх завдань. Підготувати методичні рекомендації щодо роботи в одній з програм для прикладної механіки.

З урахуванням графіка навчального процесу на реалізацію проекту було відведено 6 тижнів. Робота над проектом за першою з тем ґрунтувалася на знаннях і навичках з вирішення відповідних задач прикладної механіки. Команди студентів охоплювали 3–4 особи з типовим розподілом завдань:

- комп'ютерне моделювання фізичних процесів, пов'язаних з поведінкою металевих стержнів при розтягу–стисненні;
- веб-програмування;
- графічний дизайн сайту.

Отримані результати презентувалися наприкінці семестру, а їх оцінювання здійснювалося в рамках обох предметів. Для дисципліни «Прикладна механіка та основи конструювання» оцінювалася коректність роботи модулю, що відповідав за фізичні розрахунки, а також зручність роботи з розробленим сайтом з погляду користувача, а саме: наявність модулю побудови епюри повздовжніх сил на навантажень; можливість бачити не тільки остаточний результат розрахунків, а й проміжні обчислення; можливість завантажувати отриманий розв'язок у форматі pdf, включаючи розрахунки й графічне зображення стержня, прикладених сил і побудованих епюр.

4.7. Колективні проекти для студентів інженерних та природничо-математичних спеціальностей

Написання випускних бакалаврських чи магістерських робіт є важливим елементом підготовки студентів інженерних спеціальностей. Традиційно виконання випускної бакалаврської роботи здійснюється протягом останнього навчального року (7 та 8 семестри). Спільні проекти студентів, організовані саме в рамках підготовки випускних робіт, є типовим елементом гібридного навчання, оскільки студенти поєднують традиційні лекції та лабораторні роботи й проектну діяльність над доволі масштабною інженерною проблемою. У загальному випадку на завершення колективного проекту очікується досягнення результатів, що детальніше визначаються вже для кожного окремого проекту:

- здатність формулювати, аналізувати та вирішувати інженерно-технічні проблеми з використанням системних підходів;
- здатність вирішувати інженерно-технічні проблеми, що є слабкоструктурованими та нечітко визначеними;
- здатність розробляти стратегію вирішення проблемного завдання відповідно до сукупності заданих вимог;

- здатність розробляти стратегію вирішення на основі вибору відповідних методів та засобів інженерної діяльності;
- здатність оцінювати та враховувати можливості та обмеження методів та засобів, що використовуються;
- здатність робити обґрунтовані висновки на основі опрацьованої й засвоєної інформації;
- здатність просувати власні ідеї та реалізовувати їх на практиці;
- здатність об'єктивно оцінювати якість власної роботи та роботи інших учасників проекту;
- здатність діяти з використанням правил і принципів проектного менеджменту, зокрема в частині часових та ресурсних обмежень;
- здатність спілкуватися в усній і письмовій формі з колегами та представниками інших галузей.

Як правило, кожен з викладачів виконує обов'язки наукового керівника бакалаврської роботи для трьох чи чотирьох студентів, що відкриває цікаві можливості для організації студентських проектів за умови об'єднання студентів у єдину команду. Надалі студенти працюють разом, сконцентрувавшись на вирішенні спільної інженерної проблеми. У деяких випадках, як це буде описано згодом, така команда може бути розширена шляхом уведення до її складу студентів інших спеціальностей та викладачів інших кафедр як додаткових консультантів. У випадку колективного проекту відповідно до засад проблемно орієнтованого навчання викладачі виконують роль інструкторів та консультантів, які відповідають за організацію навчального процесу з урахуванням особливостей та потреб кожної з студентських команд (Луценко, 2017б).

Вибір програмових результатів навчання є важливим елементом проектування загальних вимог до спільних студентських проектів. У представленому випадку для колективного студентського проекту з розроблення вимірювальної системи на базі мікропроцесорної плати Arduino ми обрали та адаптували список програмових результатів навчання, розроблений у рамках проекту Tuning-AHELO (Guerra & Kolmos, 2011). Наш вибір був обумовлений

декількома причинами. Зокрема, він відповідає загальним тенденціям модернізації української системи вищої освіти, що враховує рекомендації Болонського процесу. Окрім того, проект Tuning-AHELO є частиною комплексного підходу, який включає не лише формування переліку програмових результатів навчання, а й сукупність практичних рекомендацій щодо розроблення освітніх програм.

У таблиці 4.22 наведено перелік програмових результатів навчання, адаптований з (OECD, 2011) та розподілений на декілька категорій (Lutsenko, 2017). Деякі з наведених результатів навчання розглядаються як обов'язкові вхідні вимоги, тобто пов'язані з компетентностями, сформованими на певному рівні протягом попередніх років навчання. Очікується, що виділені компетентності будуть розвинуті до вищих рівнів при виконанні проекту. Оцінювання результатів виконання проектів містить перевірку студентських щоденників, проміжних звітів, підсумкового письмового звіту та усної презентації (див. таблицю 4.23). Слід зазначити, що наведений перелік програмових результатів навчання повинен переглядатися кожного навчального року перед початком спільних студентських проектів. Це передбачає врахування дійсного рівня підготовки студентів з метою коректного встановлення очікуваного рівня формування професійних якостей. Викладачі, що діють як консультанти студентських груп, мають приділяти особливу увагу фактичному перебігу виконання проекту.

Таблиця 4.22

Програмові результати навчання (за категоріями)

Категорія	Результати навчання (компетентності)	Тип	Рівень
1	2	3	4
Фундаментальні та інженерні науки	Здатність демонструвати всебічне знання та розуміння науково-математичних принципів та основних фізичних аспектів (термодинаміка, гідрогазодинаміка, прикладна механіка тощо), вища математика, автоматизація (програмування, метрологія, теорія вимірювань, мікропроцесорна техніка тощо)	Необхідна умова	Експертний

1	2	3	4
Інженерний аналіз та дослідження	Здатність застосовувати набуті знання та розуміння для ідентифікації, формулювання та вирішення інженерних проблем з використанням відповідних методів	Необхідна умова / будуть розвинуті	Просунутий
	Здатність здійснювати пошук інформації в літературі, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації		
Інженерне проектування	Здатність застосовувати набуті знання та розуміння для розроблення проектів, що відповідатимуть визначеним вимогам та специфікаціям	Будуть розвинуті	Просунутий
	Здатність демонструвати розуміння методології проектування та здатність використовувати її		
Інженерна практика	Здатність обирати та використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи, а також демонструвати розуміння обмежень на їх застосування	Необхідна умова / будуть розвинуті	Середній
	Здатність поєднувати теорію і практику з метою вирішення інженерних проблем		
	Уміння демонструвати розуміння сфери застосування різних технік та методів і обмежень щодо їх застосування	Будуть розвинуті	Базовий
	Здатність демонструвати знання проектного менеджменту та бізнес-практик, таких як оцінювання ризиків та управління змінами, та усвідомлювати їх обмеження		
Загальні навички	Можливість ефективної роботи індивідуально та як члена команди	Будуть розвинуті	Базовий
	Можливість використання різноманітних методів для ефективного спілкування з інженерною спільнотою та суспільством		
	Здатність провадити самостійне навчання впродовж життя		
	Здатність демонструвати розуміння широкого мультидисциплінарного контексту інженерії		

Зустрічі інструкторів зі студентськими групами мають проводитися регулярно. До завдань консультантів студентських груп належить також перевірка індивідуальних щоденників виконання проекту.

Таблиця 4.23

Структура оцінювання проекту

Вид діяльності	Відсоток балів
Виконання проекту	35%
Щоденник проекту	20%
Проміжний звіт	15%
Результати	40%
Пояснювальна записка	30%
Стиль тексту та оформлення матеріалів	10%
Презентація	25%
Усна презентація	15%
Відповіді на запитання	10%

Ідея одного з колективних студентських проектів була пов'язана з такою проблемою «реального світу»: побудова системи збору даних, що дозволить управляти процесом збору, накопичувати дані та обробляти їх у єдиному циклі. Визначаючи таке завдання для студентів, ми враховували наявні бюджетні обмеження, що, на жаль, є типовими для українських університетів. Окрім того, важливо, що студенти старших курсів можуть розробляти вимірювальні системи, які будуть використовуватися також як лабораторне обладнання для організації навчального процесу студентів молодших курсів (наприклад, з механіки, термодинаміки та теплотехніки, мікроелектроніки тощо). Такі системи можуть проектуватися з використанням різного програмного та апаратного забезпечення й модернізуватися за чергової ітерації проекту. Таким чином, проблема є відкритою та передбачає можливість вибору з множини доступних вирішень, кожне з яких є коректним за заданих обмежень та обставин використання.

Один з перших прикладів організації творчого колективу, що складався зі студентів різних спеціальностей та навіть різних ЗВО, була робота над проектом «Розробка спеціалізованої системи збору даних», що тривала протягом 2009–2010 навчального року (Луценко & Луценко, 2010б; Луценко Г. В., 2011а)

Метою спільного проекту студентів випускних курсів різних спеціальностей була повноцінне розроблення (як на апаратному, так і на програмному рівнях) системи автоматизованого збору даних, що дозволяла б отримувати дані з експериментальної установки за допомогою датчиків різного типу (Луценко Г. В., Луценко, Товкач, Савісько, & Світличний, 2010).

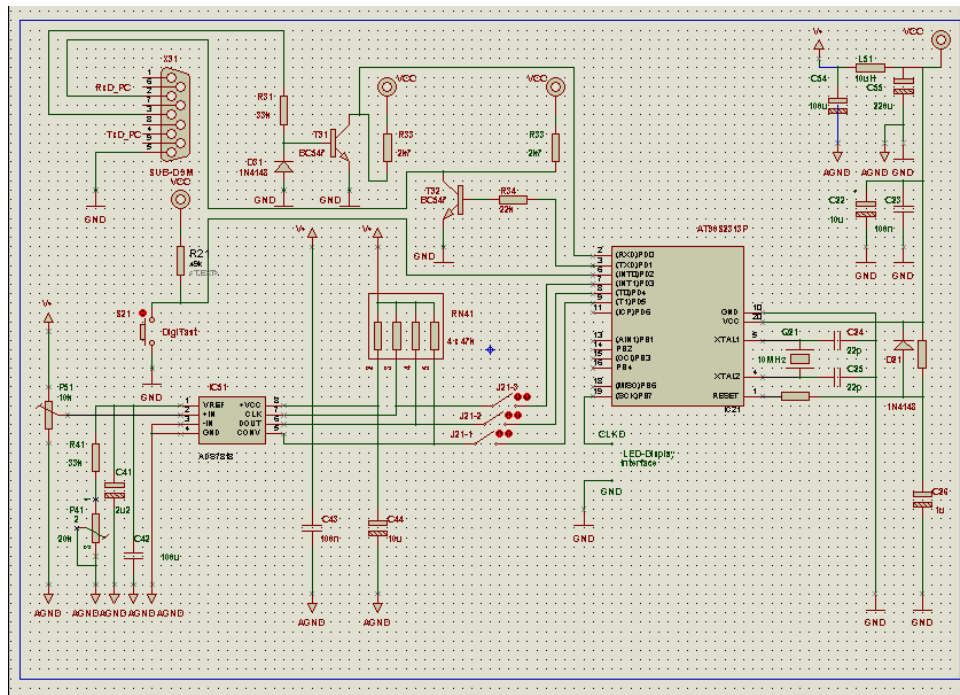
Компонентами DAQ-систем є відповідні сенсори, що конвертують вимірювані параметри в електричні сигнали (рис. 4.19 (позиція а)). Отримані величини надходять на блоки узгодження сигналу й далі на обладнання для збору і обробки даних. Потім ці дані спрямовуються для обробки комп'ютером. Системи збору даних працюють на базі комп'ютерів або з використанням готових програмних продуктів, або на базі програм, що виконуються з використанням різних мов програмування. В основу проектного завдання було покладено ряд технічних вимоги до аналого-цифрового перетворювача, сформульованих фізиками-експериментаторами, а саме: час вибірки нашого АЦП має становити не більше 1 мкс; періодичність зчитування і запису даних встановлюється в межах 1 мкс – 1 с; розрядність АЦП – 12–14 розрядів. Процес створення системи збору даних виконувався студентами у декілька етапів. На першому етапі було виконано проектування тестової схеми АЦП у середовищі Proteus та на базі цієї схеми монтаж потрібного АЦП (рис. 4.19 (позиція б)). Зважаючи на наявні технічні ресурси, передавання даних було вирішено здійснювати через послідовний порт RS-232. Такий вибір, звичайно, знижує швидкодію АЦП, але допомагає здійснити тестування плати з використанням програмного інтерфейсу, розробленого у середовищі LabVIEW. Для запуску розробленої плати використовувалося мікропроцесорне управління. Для цього з використанням мови С було створено програми, що надають можливість отримання результату аналого-цифрового перетворення через інтерфейс RS-232.

Реалізувати процес збору даних, управляючи платою АЦП з ПК, можна засобами LabVIEW. LabVIEW є високопродуктивним середовищем для графічного програмування, що дозволяє розробляти засоби управління системами збору даних,

а саме LabVIEW підтримує функції, що дозволяють інтегрувати апаратні засоби вимірювання і ПК (Трамперт, 2006).



(a)



(б)

Рис. 4.19. Схематичне представлення системи збору даних (а); робочий варіант схеми, розроблений у середовищі Proteus (б)

Управління вимірювальними приладами здійснюється шляхом обміну командами та даними між приладом та комп'ютером. LabView дозволяє розробляти прикладні програми з використанням драйверів приладів або VISA функцій (рис. 4.20). Під час роботи над проектом у колектив було об'єднано спеціалістів різних профілів:

1. Фізиків-експериментаторів (постановка задачі, контроль коректності отриманого результату).
2. Інженерів-схемотехніків (розроблення схеми пристрою, апаратна реалізація пристрою).

3. Системних програмістів (програмна реалізація спряження розробленого пристрою та персонального комп'ютера).

4. Спеціалістів з комп'ютерного моделювання фізичних процесів (програмна реалізація системи автоматичного збору даних фізичного експерименту).

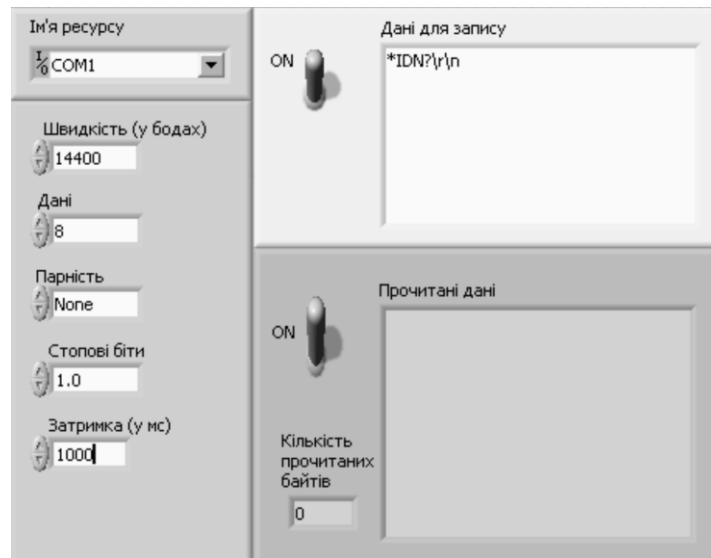


Рис. 4.20. Лицьова панель розробленої програми

Як показав досвід, робота цього колективу була вдало організована завдяки новітнім технологіям управління науковими проектами, а зокрема організації процесу дослідження із застосуванням спеціалізованого програмного продукту Microsoft Project (Луценко & Луценко, 2010а). Чітке планування та неухильне дотримання графіка робіт дало змогу вчасно виконати поставлене завдання. Слід зазначити динаміку зростання творчого потенціалу студентів-дослідників у процесі реалізації проекту. Явно простежується зростання пошукової складової їхньої діяльності, постійний обмін досвідом та передавання один одному знань та вмій із суміжних сфер (так фізики частково стали системними програмістами і, навпаки, інженери на рівні розуміння фізичної суті процесів розібралися у проблемах реалізації апаратної частини дослідного комплексу). Таке поєднання вдало підкреслило переваги вибору наукової задачі та актуалізувало причини обов'язкового застосування комплексного підходу до організації колективу.

У подібних за тематикою проектах, що реалізовувалися в 2012–2015 навчальних роках, основна увага зосереджувалася на забезпеченні можливості

управляти процесом отримання даних та їх подальшою обробкою в єдиному циклі з використанням програмного середовища LabVIEW.

Завданням одного з проектів було створення автоматизованого віртуального лабораторного стенду засобами LabVIEW для циклу лабораторних робіт з термодинаміки та теплотехніки, що використовувалися у процесі підготовки студентів інженерних та природничих спеціальностей (Луценко, 2011б). Створені в рамках проекту алгоритми та розроблене програмне забезпечення може використовуватися також як основа комплексу лабораторних робіт з курсу «Технічні засоби автоматизації наукових досліджень».

Розглянемо роботу установки, призначеної для збору інформації з датчиків температури у частині, що стосується керування експериментом та обробкою отриманих даних у середовищі LabView (Луценко, 2011а). Для визначення теплоємності металів методом охолодження використовуються два зразки однакової форми та розмірів, причому теплоємність і маса одного з них відомі. Зразки по черзі нагрівають до температури, вищої від деякої заданої, а потім охолоджують, записуючи покази термопари. Отримані значення ЕРС термопари перетворюють на значення температури і на їх основі будують залежності $\ln T - T_0$ часу, які мають згідно з теорією вигляд прямих, для яких тангенси кутів нахилу ϵ :

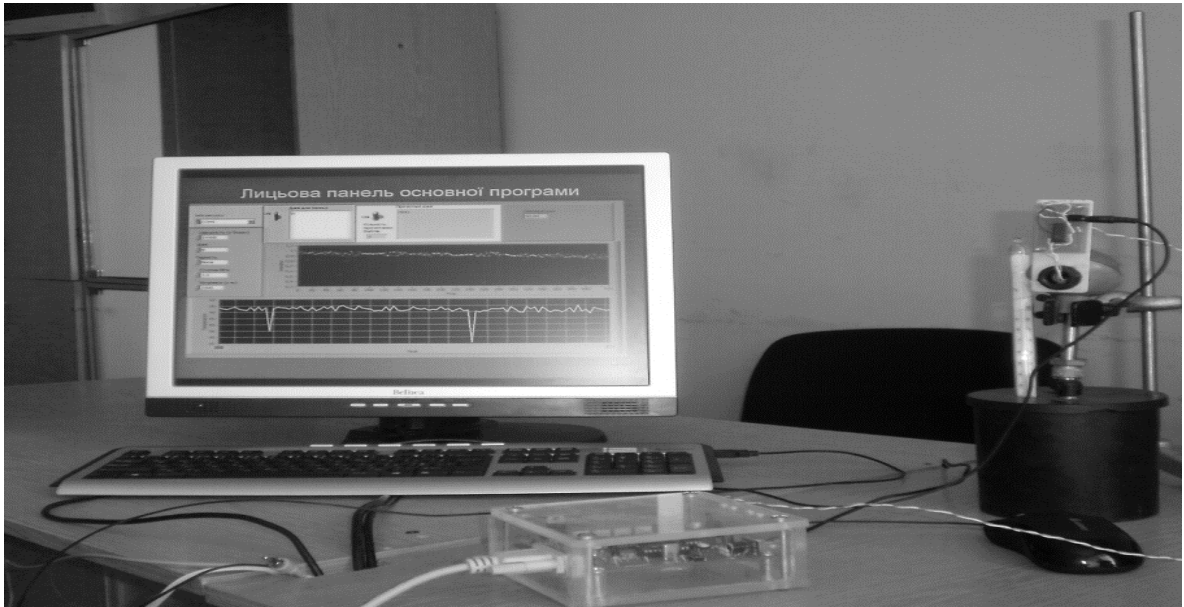
$$\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\alpha \cdot S}{c_i \cdot m_i}$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, c_i та m_i – теплоємність та маса i -го зразка, відповідно, S – площа поверхні зразка. Припускаючи, що коефіцієнти тепловіддачі для обох зразків однакові, отримуємо:

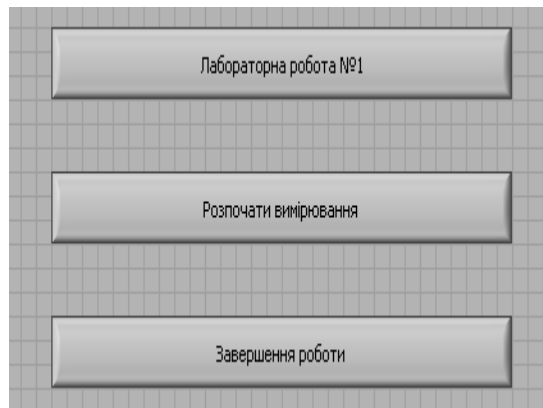
$$c_2 = \frac{c_1 \cdot m_1}{m_2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2}$$

Таким чином, виконання лабораторної роботи пов'язане з реалізацією певних дій: дослідник під'єднує еталонний зразок (до нагрівача та до термопари), запускає на виконання програму LabView, яка дає на виході файл з даними про температуру еталонного зразка. Потім термопара під'єднується до досліджуваного зразка і програма LabView паралельно формує файл з новими даними та автоматично

зчитує файл з даними про еталонний зразок. Після завершення збору даних на базі інформації про нахили прямих обраховується значення теплоємності для досліджуваного зразка. Для виконання лабораторної роботи у проекті було відібрано такі елементи і прилади (рис. 4.21 (позиція а)): термопара ТХК – датчик, призначений для вимірювання температури; підсилювач до термопари; плата спряження; комп'ютер з установленим середовищем LabVIEW.



(а)



(б)

Рис. 4.21. Розроблена установка для лабораторної роботи (а); лицьова панель лабораторного стенда (б)

Під час лабораторного заняття робота студентів з установкою розпочинається з головного меню, що відповідає за ознайомлення з лабораторною роботою й інтерфейсом програми (рис. 4.21 (позиція б)).

Пункт «Лабораторна робота» передбачає звернення до pdf-файлів, що містять інформацію про мету роботи, особливості використання наявного обладнання, теоретичні відомості до роботи, опис перебігу виконання роботи, контрольні запитання, вимоги до оформлення звіту і перелік джерел. Після ознайомлення з відповідними матеріалами студент може переходити до практичної частини.

На рис. 4.22 наведено модуль виконання розрахунків, що запускається при виборі пункту «Розпочати вимірювання».

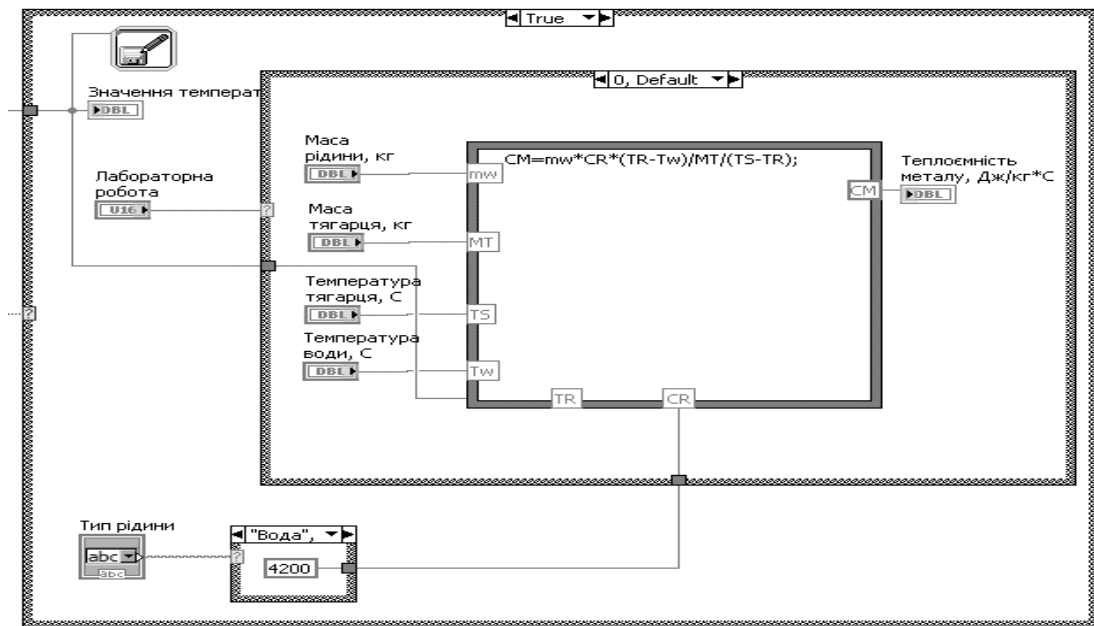
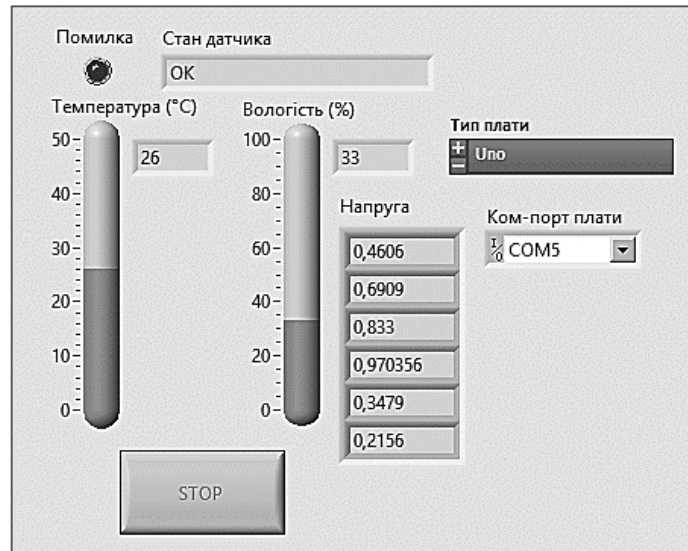


Рис. 4.22. Модуль виконання розрахунків у LabVIEW

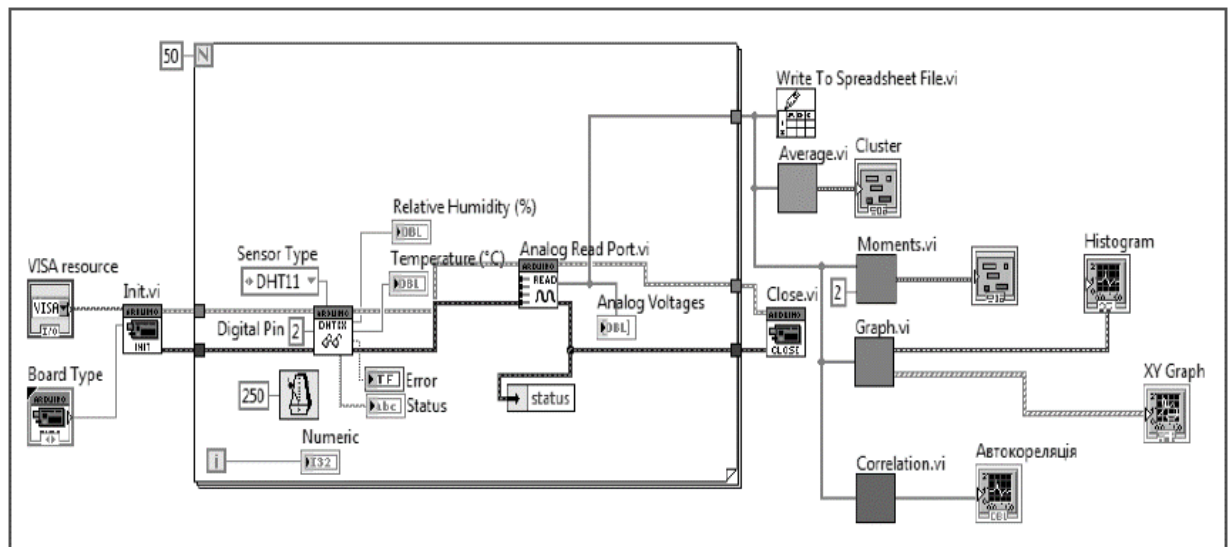
У розрахунках використовується масив даних, отриманий із виходів терморпарі й збережений у спеціальному форматі даних середовища LabVIEW.

Починаючи з 2015 року, декілька різнотипних систем збору даних було спроектовано та практично втілено з використанням уже наступного покоління мікропроцесорних плат. Серед них система збору даних для вимірювання температури та вологості на основі датчика DHT11 Digital Temperature Humidity Sensor. Створена система використовує плату Arduino, що є популярною недорогою мікропроцесорною платою переважно освітнього призначення (рис. 4.30). Arduino має USB інтерфейс і може використовуватися для зчитування даних. Для під'єднання Arduino засобами LabVIEW студенти використовували LabVIEW Interface for Arduino. Після інсталяції пакету в LabVIEW ставали

доступними додаткові елементи палітр функцій та управління (LabVIEW Functions and Controls Pallets). Ці елементи можуть використовуватися для проектування віртуальних інструментів. Окрім того, після інсталяції до бібліотеки LabVIEW додавалися спеціальні приклади для роботи з платою Arduino (Додаток Ж). Окрім того, для роботи вимірювальної системи на базі Arduino та LabVIEW мають бути встановлені спеціальні скетчі для Arduino (LIFA_BASE). На рис. 4.23 (позиції а та б, наведено приклади програмних розробок студентів.



(а)



(б)

Рис. 4.23. Лицьова панель розробленого програмного забезпечення (а); блок-діаграма розробленого програмного забезпечення (б)

Метою колективного студентського проекту, що реалізовувався у 2011 році, було розроблення апаратно-програмного комплексу, який дозволив би виконувати знімки за допомогою цифрової камери мікроскопа (за результатами певних біологічних експериментів) та обробляти їх у єдиному циклі засобами National Instruments (Луценко Г. В., 2012; Луценко Г. В., 2013). Даний проект було реалізовано у рамках співпраці з дослідниками-біологами, які фактично виступили в ролі замовників проектної розробки. Виконання проекту сприяло формуванню ідеї про академічну співпрацю як важливу складову добору практично орієнтованих тем для студентських проектів.

Зазначимо, що завданням дослідника-біолога було встановлення кількості цих частинок у певний момент часу та оцінювання середнього радіуса, середньої площі, а також побудова функції розподілу за розмірами (Луценко, 2013). Зазначені дані використовуються для пояснення особливостей досліджуваного біологічного явища. Водночас завданням інженера є розроблення та налаштування апаратно-програмного комплексу таким чином, щоб нефахівцям (біологам) були відкриті всі можливості для повноцінної наукової роботи.

Для отримання графічних зображень і подальшої обробки використовувалося таке технічне забезпечення:

- професійна цифрова камера ScoreTek DCM 130;
- біологічний монокулярний мікроскоп XSP-128M;
- ПК зі встановленим програмним забезпеченням, а саме National Instruments Vision Assistant, LabVIEW.

Використання професійної цифрової камери (рис. 4.24 (позиція а)), сумісної з усіма видами оптичних мікроскопів (біологічними, металургійними) дозволяє виводити зображення спостережуваних зразків на екран комп'ютера. Програмне забезпечення, що постачається з камерою, забезпечує просту і зручну обробку зображень, захоплених з мікроскопа, яка, однак, не передбачає виконання складних статистичних розрахунків. Біологічний монокулярний мікроскоп XSP-128M (рис. 4.24 (позиція б)), до якого під'єднується цифрова камера, є найпоширенішим типом оптичних приладів для вивчення мікросвіту. Надійність роботи, простота у

використанні та невисока вартість роблять монокулярний мікроскопи ідеальним варіантом для оснащення лабораторій різних навчальних закладів та штатних медичних установ.

Захоплення зображень здійснювалося з використанням програми NI Vision Assistant, яка характеризується простотою та зручністю застосування. З її допомогою можна швидко здійснювати необхідні дії для отримання зображень та відео, їх збереження у різних форматах і подальшої обробки.

Перевагою NI Vision Assistant є швидкість розроблення каркаса майбутньої програми, що формується з готових модулів. За допомогою функцій NI Vision Assistant можна фільтрувати отримані зображення, виділяти окремі зони зображення та аналізувати їх форму та розмірні характеристики, відпрацьовуючи таким чином послідовність дій для досягнення кінцевого результату. Після завершення дослідження розроблена програма може бути експортована в LabVIEW.



(a)

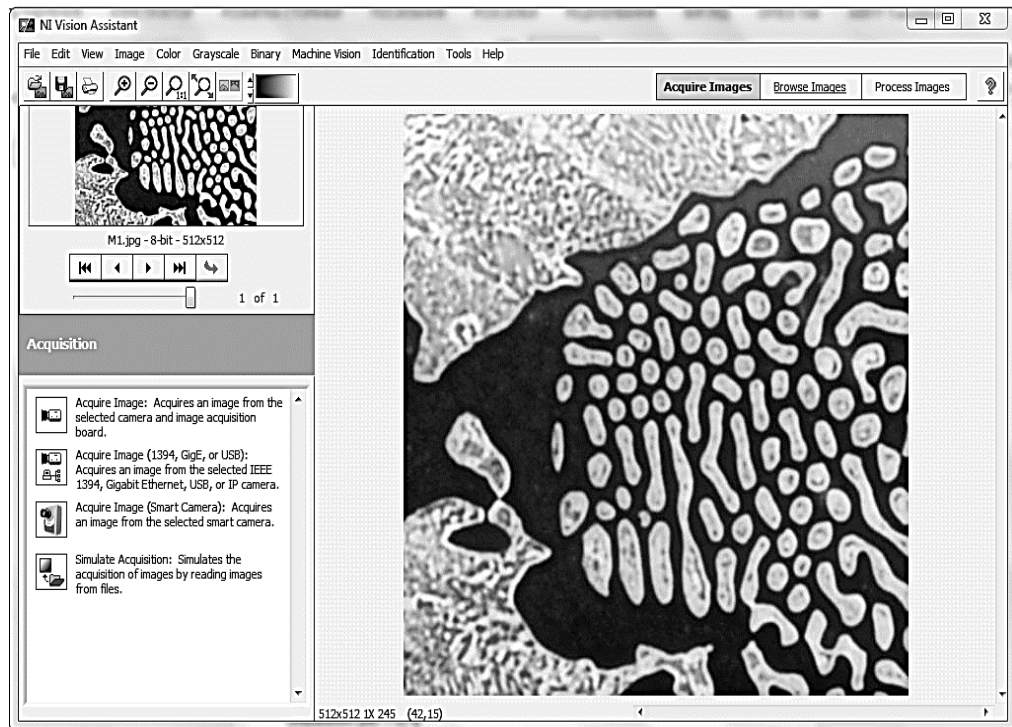


(б)

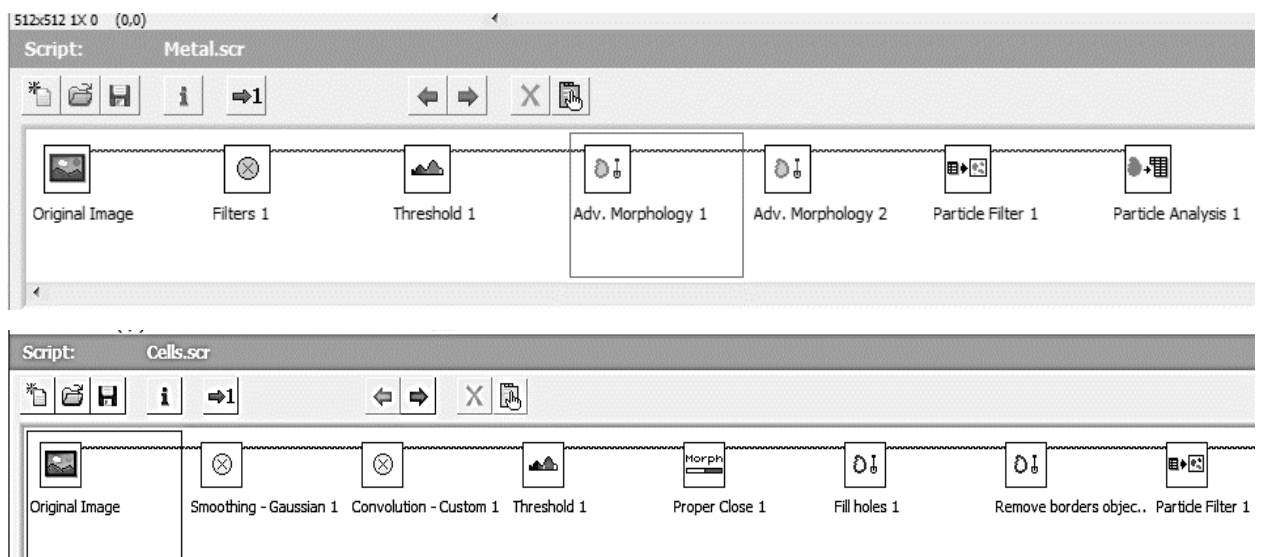
Рис. 4.24 Цифрова камера ScoreTek DCM 130 (а) та мікроскоп XSP-128M (б)

На рис. 4.25 (позиція а) наведено приклад зображення, отриманого з допомогою розробленої установки й виведеного у вікні обробки зображень NI Vision Assistant. На рис. 4.25 (позиція б) наведено приклад програм обробки

захопленого зображення, що відображається за допомогою піктограм, як і програми, розроблені в NI LabVIEW. На рис. 4.26 показано отримані в результаті обробки зображення дані. Детально особливості роботи з NI Vision Assistant та NI LabVIEW у контексті отримання та обробки зображень різних типів описано в додатку 3.



(a)



(б)

Рис. 4.25. Вигляд отриманого зображення в NI Vision Assistant (а); приклад розроблення програми обробки зображень (б)

The screenshot shows a LabVIEW script window titled "Cells.scr". At the top, there is a toolbar with icons for file operations (new, open, save), help, and navigation (back, forward, home, stop). Below the toolbar is a table with the following data:

Results ...	1	2	3	4	5	6
Center of Mass X	465,88235	478,50000	611,22449	554,50000	700,42857	588,50000
Center of Mass Y	4,58824	8,63636	13,46939	12,00000	12,57143	14,50000
First Pixel X	465,00000	477,00000	611,00000	554,00000	698,00000	589,00000
First Pixel Y	3,00000	7,00000	10,00000	11,00000	11,00000	13,00000
Bounding Rect Left	464.00000	476.00000	606.00000	553.00000	698.00000	587.00000

Рис. 4.26. Вікно аналізу частинок

Використання LabVIEW для розроблення демонстраційних експериментів, лабораторних робіт та моделювання процесів і явищ допомагає підвищити рівень та результативність студентських розробок у контексті вимог сучасного світу. Розроблене програмне забезпечення та практичний досвід з обробки графічних даних може бути використаний у роботі експериментальних лабораторій.

Важливим елементом описаного студентського проекту є забезпечення безпосереднього контакту студентів (Виконавці) з ученими-біологами (Замовники), які сформулювали представлену задачу.

Таким чином, у процесі виконання проекту студенти мали дотримуватися встановлених замовниками обмежень та будувати установку з урахуванням не абстрактних, а реальних потреб. Завданням виконавця було визначення методів, що дозволять успішно вирішити проблему. До завдань студентів віднесено також планування робіт, що мають бути виконані в процесі реалізації завдання, та їх розподіл між усіма учасниками команди, що це завдання виконує. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям підготовки інженерів, відповідно до яких у ній мають віддзеркалюватися професійні реалії (Mazur, 2013).

Висновки до розділу 4

Описано розроблену систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, реалізація якої здійснюється через узгодження структурних елементів: цілей, системи оцінювання, змісту, форм,

методів, засобів, що в поєднанні визначають специфіку діяльності студентів, ролі й завдання викладачів, організацію освітньої діяльності. Показано, що цілі системи мають ієрархічну природу, конкретизуючись і деталізуючись у термінах програмових результатів навчання.

Опис та оцінювання рівня сформованості фахових і загальних компетентностей має здійснюватися з використанням таксономічних показників. У випадку загальних компетентностей, що тісно пов'язані з навичками професійної рефлексії, традиційні підходи до оцінювання навчальних досягнень мають розширюватися засобами самооцінювання. Запропоновано систему оцінювання проектів студентів, що передбачає розширення видів діяльності, що оцінюються, поєднанням індивідуальної та групової роботи. Забезпечення об'єктивності оцінювання здійснюється шляхом залучення зовнішніх експертів та використання узгоджених рубрик оцінювання.

Зміст професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання є цілісною системою, що відповідає сучасним потребам суспільства, дозволяючи забезпечити єдність власне змістового і процесуально-діяльнісного аспектів навчання. Продемонстровано, що дотримання принципу структурної єдності змісту освіти для різних її рівнів і на міждисциплінарному рівні забезпечується шляхом упровадження гібридного навчання, що дозволяє зберегти ієрархічну структуру підготовки відповідно до концепції неперервної освіти. При цьому традиційні дисципліни відповідають, переважно, за формування фахових компетентностей, а проектна діяльність створює специфічний, професійно орієнтований контекст, що відповідає за формування загальних компетентностей.

Розвинуті навички у сфері проектного менеджменту, володіння ґрунтовними теоретичними знаннями стосовно сучасних підходів до управління проектною діяльністю та проектними командами є обов'язковою складовою професійної підготовки інженерів у сучасних умовах. З урахуванням вищесказаного запропоновано загальне формулювання проблемного завдання, що вирішується в ході реалізації проектів: студенти обирають реальну проблему відповідно до їхньої спеціалізації та розробляють інженерний проект вирішення такої проблеми,

спираючись на знання з проектного менеджменту і використовуючи відповідне програмне й технічне забезпечення, виконують розробку відповідного об'єкта.

У процесі визначення форм, методів і засобів підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання ключова увага приділена його інноваційній студентоцентрованої природі на протигагу предметно й викладацько орієнтованому навчанню. Критеріями вибору форм визначено індивідуалізацію освітнього процесу й диверсифікацію видів інженерної діяльності, що виражається в поєднанні традиційних форм (лекції, лабораторні заняття, самостійна робота, курсові й випускні роботи) і проектної діяльності. В умовах проектно орієнтованого навчання акцентується на методах, що відповідають продуктивній пізнавальній діяльності, яка характеризується високим ступенем самостійності студентів стосовно ідентифікації інженерних проблем та способів їх вирішення, – це проблемний виклад і дослідницький метод. Інноваційними педагогічними технологіями, формами і методами системи визначено семінари-дискусії, презентації, вебінари, імітаційне моделювання, кейс-метод, перевернуте навчання, інтерактивні та імітаційні ігри, тренінги тощо. Запропоновано ідею залучення проектів з академічної сфери, коли викладачі різних підрозділів виступають у ролі замовників інженерних розробок.

Навички проектного менеджменту є своєрідним базисом для загальних міжособистісних компетентностей, серед яких уміння співпрацювати, уміння спілкуватися з експертами з різних предметних галузей, уміння мотивувати та надихати. Запропоновані методичні підходи до впровадження проектно орієнтованого навчання при навчанні методології управління проектами дозволяють контекстуалізувати освітній процес; засвоєння засад проектного менеджменту супроводжується реалізацією реальних проектів, спрямованих на вирішення прикладних проблем. Обґрунтовано використання автоматизованих систем управління проектною діяльністю в освітньому процесі як інструмента, що дозволяє планувати проекти різних рівнів складності, відстежувати перебіг і коригувати їх виконання. Доведено, що володіння програмним забезпеченням у сфері проектного менеджменту є важливою складовою інженерної підготовки,

зокрема у випадку діяльності мультидисциплінарної команди, коли існує потреба узгоджувати задачі, які виконуються фахівцями з різних предметних галузей.

У контексті інженерних задач у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій обґрунтовано впровадження в освітній процесі програмних продуктів компанії National Instruments, що за умови поєднання утворюють потужний комплекс, який дозволяє в єдиному циклі розробляти системи управління апаратними системами й обробляти отримані дані різними способами. В умовах, коли програмні й апаратні розробки прикладного і навчального призначення постійно змінюються, оновлення освітніх програм у частині відповідних дисциплін і видів навчальної діяльності теж повинно мати постійний характер.

Положення, викладені в четвертому розділі, детально розкриті в публікаціях автора (Lutsenko, 2017; Lutsenko, 2018; Луценко, 2011а; Луценко, 2012; Луценко, 2013; Луценко, 2014; Луценко, 2017а; Луценко, 2017б; Луценко, 2017в; Луценко, 2018; Луценко & Бевз, 2015; Луценко & Луценко, 2008; Луценко & Луценко, 2009а; Луценко & Луценко, 2009б; Луценко & Луценко, 2010а; Луценко & Луценко, 2010б; Луценко & Луценко, 2013; Луценко, Луценко & Корнієнко, 2013; Луценко, Луценко, Товкач, Савісько & Світличний, 2010; Луценко, Люта & Попадянець, 2011; Луценко, Люта & Фільченко, 2013; Луценко, Люта, Головенський & Сторчак, 2012).

Список використаних джерел до розділу 4

- Aalborg University. (2015). Curriculum for Bachelor (BSc) in Electronics and Computer Engineering. Aalborg University.
- Arter, J., & McTighe, J. (2001). *Scoring Rubrics in the Classroom: Using Performance Criteria for Assessing and Improving Student Performance*. Thousand Oaks, California: Corvin Press, Inc.
- Beddoes, K. D., Jesiek, B. K., & Borrego, M. (2010). Identifying Opportunities for Collaboration in International Engineering Educational Research on Problem- and Project-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, 4, 7-34.
- Cestone, C. M., Levine, R. E., & Lane, D. R. (2008). Peer assessment and evaluation in team-based learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 116, 69-78.
- Chowdhury, T. (2013). Impact of senior design project for the development of leadership and management skills in construction management. *European Journal of Engineering Education*, 38(4), 452-267. doi:10.1080/03043797.2013.804034
- Crawley, E. F. (2002). Creating the CDIO Syllabus. A Universal Template for Engineering Education. *23rd Frontiers in Education*. 2, pp. 8-12. Institute of Electrical and Electronics Engineering.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. 2nd ed. Verlag: Springer.
- Dochy, F., Sefers, M., Vab deb Bosseche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instructions*, 13, 533-568.
- Dym, C. L. (2006). Engineering Desig: So Much to Learn. *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 422-428.
- ЕНЕА. (2015). *Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG)*. Київ: ТОВ «ЦС».
- Eräpuro-Piila, L., Huikuri, S., & Kujala, J. (2010). Problem-based learning in advanced project management education. *PMI Research Conference: Defining the Future of Project Management*. Washington, DC: Project Management Institute.

- Gavin, K. (2011). Case Study of a Project-Based Learning Course in Civil Engineering Design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547-558.
- Gonzalez, J., & Wagenaar, R. (Eds.). (2008). *Tuning educational structures in Europe: Universities' contribution to the Bologna process: an introduction*. Bilbao: University of Deusto.
- Guerra, A., & Kolmos, A. (2011). Assessing Learning Outcomes and Engineering PBL Project Reports. *SEFI annual conference 2011*, (pp. 171-177). Lisbon.
- Guerrero, D., Palma, M., & La Rosa, G. (2014). Developing competences in engineering students. The case of project management course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 832-841.
- Guglielmino, L. (1977). *Development of self-directed learning readiness scale*. Doctoral Dissertation: University of Georgia.
- Henard, F., & Roseveare, D. (2012). Fostering quality teaching in higher education: Policies and Practices. In *An IMHE Guide for Higher Education Institutions* (pp. 7-11).
- Johansson, P., Larsson, M., & Wingard, L. (2007). *The INNOMET Taxonomy of Competences and Skills*. INNOMET. Retrieved from http://www.innomet.ee/innomet/Reports/Report_WP1.pdf
- Kloppenborg, T. J., & Baucus, M. S. (2004). Project management in local nonprofit organization: Engaging students in problem based learning. *Journal of Management Education*, 28(5), 610-629.
- Kolmos, A., de Graaff, E., & Du, X. (2009). Diversity of PBL – PBL learning principles. y X. Du, E. de Graaff, & A. Kolmos (Ред.), *Research on PBL Practice in Engineering Education* (cc. 9-21). Rotterdam: Sense.
- Larsen, R. W. (2011). *LabVIEW for Engineers*. Pearson Higher Ed.
- Litzinger, T. A., Latucca, L. R., Hadgraft, R. G., & Newstetter, W. C. (2011). Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123-150.
- Lutsenko, G. V. (2017). Collaborative projects for engineering students. *Science and Education a New Dimension*, 61(141), 41-44.

- Lutsenko, G. V. (2018). Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 46(6), 895-910. doi: 10.1080/03043797.2018.1454892.
- Mazur, E. (2013). Key Note Address. *9th International CDIO Conference at MIT*. Boston, MA.
- OECD. (2011). *A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected Desired/Learning Outcomes in Engineering*. OECD Education Working Papers, No. 60, OECD Publishing. doi:10.1787/5kghtchn8mbn-en
- Peeters, M. C., Londers, E., & Van der Hoeven, W. (2014). Design of an integrated team project as bachelor thesis in bioscience engineering. *European Journal of Engineering Education*, 39(6), 636-647. doi:10.1080/03043797.2014.899322
- Powell, P. C. (2004). Assessment of team-based projects in project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 29(2), 221-230.
- Quevedo, A. V., Guerrero, D. A., Palma, M., & Vegas, S. (2013). Improving Generic Skills among Engineering Students through Project-Based Learning in a Project Management Course. *120th ASEE Annual Conference & Exposition*. Atlanta, GA.
- Santos, S., Alexandre, G., & Rodrigues, A. (2015). Applying PBL in Project Management Education: a Case Study of an Undergraduate Course. *Frontiers in Education*. El Paso, Texas: IEEE. doi:10.1109/FIE.2015.7344232
- UNESCO. (1986). *Glossary of educational technology terms*. Geneva: Imprimerie Steffen SA.
- Urbanic, R. J. (2011). Developing Design and Management Skills for Senior Industrial Engineering Students. *Journal of Learning Design*, 4(3), 35-49.
- Warnock, J. N., & Mohammadi-Aragh, M. J. (2016). Case study: use of problem-based learning to develop students technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 142–153. doi:10.1080/03043797.2015.1040739
- Батенко, Л. П., Загородніх, О. А., & Ліщинська, В. В. (2003). *Управління проектами: навчальний посібник*. Київ: КНЕУ.
- Бутырин, П. А., Васьковская, Т. А., Каратаева, В. В., & Матеркин, С. В. (2005). *Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные*

измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7. Москва: ДМК Пресс.

- Волошинов, С. А., Сокол, І. В., & Тригуб, С. М. (2015). Оцінка результатів навчання студентів. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*, 1(12), 108-115.
- Захарченко, В. М., Луговий, В. І., Рашкевич, Ю. М., & Таланова, Ж. В. (2014). *Розроблення освітніх програм. Методичні рекомендації*. (В. Г. Кремень, Ред.) Київ: ДП НВЦ «Пріоритети».
- Кремень, В. Г. (2008). Інновація в контексті науки і освітньої практики. *Педагогічна освіта і освіта дорослих: європейський вимір*, 8-16.
- Курок, В. П. (2017). Реалізація інтеграційного підходу до розроблення навчальних дисциплін у ВНЗ. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 2, 67-74.
- Луценко, Г. В. (2011а). Використання середовища LabVIEW у процесі підготовки студентів-фізиків. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*, 89, 315-319.
- Луценко, Г. В. (2011б). *Термодинаміка та теплотехніка: програма навчальної дисципліни*. Черкаси: Вид.: ПП Копилова О.Т.
- Луценко, Г. В. (2011в). *Управління інноваційними проектами: програма навчальної дисципліни*. Черкаси: Вид.: ПП Копилова О.Т.
- Луценко, Г. В. (2012). Використання середовища LABVIEW у навчальному процесі для створення модулів обробки графічних даних. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми і перспективи дидактики фізики»* (сс. 34-35). Черкаси: Вид. відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького.
- Луценко, Г. В. (2013). Використання засобів LabVIEW у процесі обробки експериментальних даних статистичними методами. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 35(3).
- Луценко, Г. В. (2014). *Комп'ютерні технології управління проектами. Навчально-методичний посібник для студентів університетів*. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького.

- Луценко, Г. В. (2017а). Використання гібридного проблемно орієнтованого навчання при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки», 9, 89-99.*
- Луценко, Г. В. (2017б). Мультидисциплінарні підходи при навчанні дисциплін математичного, природничого та професійного циклів. *Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми математичної освіти»* (сс. 238-239). Черкаси: Вид. ФОП Гордієнко.
- Луценко, Г. В. (2017в). Організаційні аспекти впровадження проектно орієнтованого навчання для студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія : Педагогічні науки, 35(3), 71-78.*
- Луценко, Г. В. (2018а). Програмні засоби National Instruments у навчанні основ ідентифікації об'єктів автоматизації студентів-інженерів. *Інформаційні технології і засоби навчання, 62(1), 146-161.*
- Луценко Г. В. (2018б). *Системи ідентифікації та моделювання об'єктів автоматизації: лабораторний практикум для студентів закладів вищої освіти.* Черкаси: видавець Чабаненко Ю.А.
- Луценко, Г. В., & Бевз, В. П. (2015). Організація проектно-орієнтованого навчання майбутніх інженерів у вивченні методології управління проектами. *Інформаційні технології і засоби навчання, 45(1), 123-133.*
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2008). Упровадження віртуальних лабораторних практикумів при вивченні фізичних процесів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки», 137, 159-163.*
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2009а). *Автоматизація наукових досліджень: навчальний посібник для студентів університетів.* Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2009б). Створення Internet-порталу «Дифузія та дифузійні фазову перетворення. DIFTRANS». *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки», 165, 153-155.*

- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2009в). Використання Internet-порталу «Дифузія та дифузійні фазові перетворення. Diftrans» у науково-дослідній роботі студентів. *«Педагогічна наука: історія, теорія, практика, тенденції розвитку»*, 4. Отримано з http://www.intellect-invest.org.ua/ukr/pedagog_editions_e-magazine_pedagogical_science_arhiv_pn_n4_2009_st_4/
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2010а). Використання автоматизованих систем управління у навчальній та науковій діяльності. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 189(1), 39-45.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2010б). Науково-дослідницька діяльність студентів у творчих колективах як методологічна основа підвищення якості підготовки фахівців. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 181(3), 137-140.
- Луценко, Г. В., & Луценко, Г. В. (2013). Використання засобів LabVIEW при вивченні статистичних методів обробки даних. *Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми математичної освіти»* (сс. 277-278). Черкаси: Чабаненко Ю.
- Луценко, Г. В., Луценко, Г. В., & Корнієнко, С. В. (2013). *Імітаційне моделювання процесів електродинаміки: лабораторний практикум для студентів університетів*. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького.
- Луценко, Г. В., Луценко, Г. В., Товкач, С. С., Савісько, А. В., & Світличний, Є. О. (2010). Розробка спеціалізованої системи збору даних. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 3(53), 59-64.
- Луценко, Г. В., Люта, М. В., & Попадьянець, А. В. (2011). Автоматизована система управління проектом розробки веб-порталу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 1(57), 36-43.
- Луценко, Г. В., Люта, М. В., & Фільченко, С. Г. (2013). Робота з віртуальними вимірювальними приладами засобами середовища LabVIEW. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 4(72), 15-21.
- Луценко, Г. В., Люта, М. В., Головенський, М. В., & Сторчак, О. А. (2012). Використання автоматизованих систем управління при розробці

- інформаційних систем. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 3, 19-25.
- МОНУ. (2016). *Проект стандарту вищої освіти бакалавра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*. Отримано з <http://aknt.knu.edu.ua/img/editor/1/151-avtomatizacziya-ta-komp%E2%80%99yuterno-integrovani-texnologiyi-bakalavr.pdf>
- Пастушенко, Р. (2007). Український курикулум загальної освіти: етюд в тонах теорії рівнів навченості. у *Виклик для України: розробка рамкових основ змісту (національного курикулуму) загальної середньої освіти для 21 століття: Матеріали Всеукр. наук.-пр. конф., 26–27 червня 2007 р.* (сс. 152-167). Київ: ТОВ УВПК «Ексоб».
- Побірченко, Н. А., & Цибулько, І. О. (2013). Психологічні фактори розвитку професійної рефлексії у студентів авіаційного університету. *Проблеми сучасної психології*, 19, 566-576.
- Сисоєва, С. О. (2011). *Інтерактивні технології навчання дорослих: навчально-методичний посібник*. Київ: ВД «ЕКМО».
- СКМ. (2013). *Досвід працевлаштування випускників вищих навчальних закладів: погляд випускників та роботодавців*. Отримано з <http://bestuniversities.com.ua>
- Суранов, А. Я. (2005). *LabVIEW 7: справочник по функциям*. Москва: ДМК Пресс.
- Трамперт, В. (2006). *Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров*. Киев: МК-Пресс.
- Тревис, Д. (2005). *LabVIEW для всех*. Москва: ДМК Пресс.
- Хуторской, А. В. (2007). *Современная дидактика. Учебное пособие. 2-е издание*. Москва: Высшая школа.
- Шаповаленко, В. А. (2010). *Курсова робота з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних процесів»: Метод. посібник*. Одеса: ВЦ ОНАЗ.

РОЗДІЛ 5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

5.1. Характеристика змісту експериментальної роботи та опис процедури експериментального дослідження

Залежно від типу дослідницьких задач та їх місця в ієрархії дослідження у ході проведення експериментальної роботи використовувалося поєднання різних методів педагогічних досліджень, основні з яких подано на рис. 5.1.

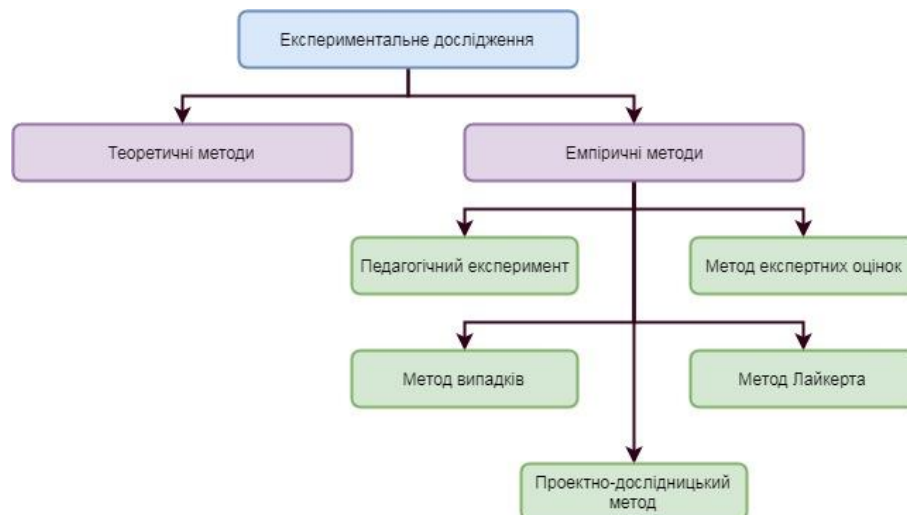


Рис. 5.1. Схематичне зображення методів, що застосовувалися під час експериментального дослідження

Основною метою дослідження було визначено експериментальну перевірку ефективності системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Визначена мета дала змогу сформулювати завдання експериментального дослідження:

- вибір підходів до побудови структури професійної компетентності майбутніх інженерів з використанням передового світового досвіду, визначення рівнів її сформованості та критеріїв оцінювання для ідентифікації властивостей запропонованої структури;

- здійснення констатувального діагностування студентів інженерних спеціальностей для визначення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, що трактується як сукупність фахових та загальних компетентностей;
- розроблення концепції професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, розроблення відповідної моделі та системи професійної підготовки майбутніх інженерів;
- перевірка гіпотези дослідження щодо реалізації професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання шляхом апробації навчально-методичних матеріалів і способів організації проектної діяльності студентів на рівні окремих освітніх компонентів (дисциплін, курсових, бакалаврських і дипломних робіт, міждисциплінарних проектів);
- перевірка ефективності впровадження проектно орієнтованого навчання як умови професійної підготовки майбутніх інженерів шляхом діагностування рівня сформованості професійної компетентності за результатами впровадження розробленої системи, порівняння результатів, отриманих для експериментальних і контрольних груп;
- формування пропозицій щодо впровадження в освітній процес запропонованої системи професійної підготовки майбутніх інженерів.

Для виконання завдань дослідження протягом 2014–2018 навчальних років виконувався педагогічний експеримент (у реальному освітньому процесі). Його учасниками в різні роки були 256 студентів інженерних спеціальностей, а також 54 викладачі Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (м. Луцьк), Одеської національної академії зв'язку ім. О. С. Попова, Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків). Окрім того, у різні роки 113 студентів було залучено до опитувань та анкетувань, що проводилися поряд з педагогічним експериментом. Таким чином, усього в дослідженні взяли участь 369 студентів.

Для обґрунтування обсягу вибіркової сукупності звернімося до матеріалів Постанов Кабінету Міністрів України «Про затвердження обсягів державного замовлення на підготовку фахівців, наукових, науково-педагогічних та робітничих кадрів, на підвищення кваліфікації та перепідготовку кадрів для державних потреб» у 2014–2018 рр. Обсяг прийому для спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології за денною формою навчання змінювався таким чином: 2014 р. – 1720 осіб, 2015 р. – 1511 осіб, 2016 р. – 1345 осіб, а обсяг випуску, наприклад, у 2015 р. становив усього 1159 осіб.

Розраховуючи обсяг вибіркової сукупності із заданою граничною помилкою репрезентативності, ми скористалися поданими далі формулами (Гмурман, 1975).

1. Формула розрахунку загального розміру вибірки:

$$n_{\text{заг}} = \frac{Z^2 p(1-p)}{(C)^2}, \quad (5.1)$$

де $n_{\text{заг}}$ – загальний розмір вибірки, Z – значення довірчого інтервалу (1,643 для довірчої ймовірності 90 %; 1,960 для довірчої ймовірності 95 %), p – відсоток респондентів чи відповідей у десятковій формі (за замовчуванням обирається рівним 0,5), C – довірчий інтервал у десятковій формі.

2. Формула коригування розміру вибірки для малої генеральної сукупності:

$$n = \frac{n_{\text{заг}}}{1 + \frac{n_{\text{заг}} - 1}{N}} \quad (5.2)$$

де n – розмір коригованої вибірки, $n_{\text{заг}}$ – загальний розмір вибірки, N – розмір генеральної сукупності.

За результатами обрахунків встановлено, що розмір коригованої вибірки при довірчій ймовірності 90 % і з похибкою 5 % перебуває в межах від 235 до 227 осіб, а при довірчій ймовірності 95 % і з похибкою 5 % – від 314 до 299 осіб.

Зазначимо, що фактором, який істотно вплинув на кількість студентів, залучених до експериментального дослідження, стало відчутне зменшення контингенту студентів інженерних спеціальностей у період, починаючи з 2015 року, та збільшення кількості студентів, які на старших курсах обирають навчання за індивідуальним планом у зв'язку з працевлаштуванням. Очевидно, що їх навчання відбувається за умов, які не відповідають ні звичайним умовам навчання,

ні експериментальним. Поряд з цим кількість учасників педагогічного дослідження відповідає репрезентативному обсягу вибірки, що дозволяє трактувати отримані в ході експерименту результати як обґрунтовані та вірогідні.

Експериментальне дослідження охоплювало такі етапи: пошуковий (2014 р.), констатувальний (2014–2015 рр.), формувальний (2015–2017 рр.) і контрольньо-узагальнювальний (2017–2018 рр.).

Пошуковий етап експерименту було спрямовано на обґрунтування й деталізацію проблеми дослідження; вивчення особливостей професійної підготовки майбутніх інженерів в сучасних умовах та ідентифікацію напрямів її вдосконалення; визначення факторів, які впливають на перебіг освітнього процесу в умовах проектно орієнтованого навчання та розбудову на їх основі системи впливів. При цьому було проаналізовано чинну нормативну документацію у сфері підготовки інженерів, окремі галузеві стандарти, навчальні плани освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей університетів України і світу. На цьому ж етапі було визначено мету й завдання, сплановано перебіг експериментального дослідження й обрано його інструментарій.

На *констатувальному етапі* відбувалося впровадження пілотних заходів, спрямованих на системну організацію проектної діяльності студентів, до якої було залучено викладачів і студентів ЗВО. Ця діяльність дозволила скоригувати й деталізувати етапи дослідження, об'єкт, предмет, мету й завдання. Основною метою роботи було визначено оцінювання того, як у рамках чинної методичної системи, що традиційно розглядає проекти як метод, що реалізовується вибірково на розсуд викладачів у рамках навчання окремих предметів, без системної інтеграції їх в освітні програми ще на етапі розроблення навчальних планів, відбувається формування фахових і загальних компетентностей, дослідження динаміки формування професійної компетентності майбутніх інженерів, зокрема загальних компетентностей, таких як управління проектною діяльністю, робота з інформацією, здатність до самоспрямованого навчання, комунікація та міждисциплінарна співпраця в групах. На констатувальному етапі було визначено критерії і показники діагностики рівня сформованості професійної компетентності

майбутніх інженерів. При цьому було використано методи анкетування, тестування, метод експертних оцінок, вивчення й узагальнення ефективних вітчизняних і світових педагогічних практик, кількісний і якісний аналіз.

Формувальний етап спрямовувався на перевірку гіпотези дослідження та визначення рівня ефективності розробленої педагогічної системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Розроблена система професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання впроваджувалася для студентів різних курсів, різних дисциплін, міждисциплінарних поєднань та видів освітньої діяльності. Зважаючи, що впровадження проектної діяльності при цьому має особливості, що визначаються типом обраних проектів, наявністю міждисциплінарних зв'язків, і з метою отримання максимально повної інформації не лише про сформованість професійної компетентності, а й про перебіг процесу впровадження, для студентів ОКР спеціаліст ми використовували також проектно-дослідницький метод, описаний у підрозділі 2.1. У його рамках методом кейсів здійснювалося акумулювання кількісних і якісних даних за результатами впровадження, відгуків студентів про позитивні та негативні аспекти проектної діяльності. Отримані результати опрацьовувалися з метою внесення змін в освітній процес. У наступному навчальному році відбувалася подальша ітерація з використанням вже внесених змін. У підсумку, дослідження для окремих предметів та видів діяльності завершувалося також формулюванням загальних результатів та висновків. Серед методів, що використовувалися на даному етапі, виокремимо такі: педагогічний експеримент, спостереження, анкетування, кількісний та якісний аналіз, статистична обробка даних, самооцінювання, опрацювання навчально-методичних матеріалів.

На **контрольно-узагальнювальному етапі** виконувався статистичний аналіз отриманих результатів для контрольних й експериментальних груп, систематизація та узагальнення результатів, підготовка прогностичних рекомендацій щодо впровадження системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

5.2. Результати констатувального експерименту та їх аналіз

Розглянемо детальніше завдання, що реалізовувалися на констатувальному етапі експерименту. Використання проектно орієнтованого навчання відкриває широкий спектр можливостей як для викладачів, так і для студентів. У контексті підготовки інженерів до характерних рис проектно орієнтованого навчання належать (Schachterle & Vinther, 1996): інтегративність й синергетичний характер; спрямованість на розвиток мотивації, практичну чи професійну орієнтацію, контекстуальність і практичний досвід; роботу в команді та розвиток навичок комунікації; неостаточний характер знайдених розв'язків з можливістю вносити зміни та поправки; мультидисциплінарний чи міждисциплінарний характер; гнучкість та можливість широкого впровадження; формування результатів, що можуть бути використані іншими особами; вміння організовувати управління проектами; навчання впродовж життя.

У розділі 3.1 ми частково подали результати опитування викладачів інженерних спеціальностей, питання якого стосувалися специфіки впровадження інноваційних педагогічних технологій. Далі пропонуємо розширені результати цього опитування, що спрямовувалося також на висвітлення того, як наразі здійснюється використання проектів і проектно орієнтованого навчання в системі професійної підготовки майбутніх інженерів та які його аспекти, на думку респондентів, свідчать про його переваги порівняно з традиційними педагогічними технологіями та відомими нині заходами із застосування навчального проектування (додаток И.1).

Усього кількість респондентів становила 54 особи. Серед учасників опитування було 61 % жінок (n=33) та 39 % чоловіків (n=21). Респондентами опитування були: 9,3 % (5 осіб) професорів, 55,6 % (30 осіб) доцентів, 24,1 % (13 осіб) старших викладачів та 11,1 % (6 осіб) викладачів. 81,5 % (44 особи) мали наукові ступені докторів та кандидатів наук та 18,5 % (10 осіб) респондентів не мали наукових ступенів.

За результатами опитування, регулярно (протягом останніх років) використання проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання під час опанування окремих дисциплін підтвердили 32 респонденти. Окрім того, 14 викладачів регулярно організують студентські команди, що працюють спільно при написанні курсових робіт, і 15 – при написанні бакалаврських та магістерських робіт. З 32 респондентів 22 зазначили, що мають ступінь кандидата наук, 10 – без наукового ступеня. 17 осіб, що впроваджують проблемно орієнтовані підходи, мають стаж педагогічної діяльності від 11 до 20 років, 6 – понад 20 років, 4 – мають стаж 6-1- років та 5 – менше 5 років. На жаль, з 32 викладачів лише 27 вказали, які дисципліни викладають. Розподіл за галузями виявився таким: 7 осіб – викладають інженерні дисципліни, 7 – вищу математику, 4 – фізику, 5 – природничі дисципліни (хімію й біологію), 4 – дисципліни гуманітарного циклу для студентів інженерних спеціальностей (Луценко & Луценко, 2018).

Окремий розділ нашого опитувальника містив запитання, пов'язані зі сприйняттям викладачами проектно орієнтованого навчання. Для визначення того, які якості студентів, на думку викладачів, зазнають максимально позитивного впливу, вони мали оцінити запропоновані судження з використанням п'ятибальної шкали Лайкерта. Отримані результати наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Оцінювання викладачами ефекту від застосування проектно й проблемно орієнтованого навчання (ПОН)

№ з/п	Опис позиції	Середнє значення
1	ПОН готує студентів до вирішення практичних завдань професійної діяльності на належному рівні	3,97
2	ПОН готує студентів до застосування знань у практичних ситуаціях	4,28
3	ПОН розвиває краще розуміння предметної сфери	4,03
4	ПОН готує студентів до реальних проектів	4,13
5	ПОН розвиває здатність працювати з інформацією	4,44
6	ПОН готує студентів до роботи в групах	4,03
7	ПОН розвиває розуміння відповідальності за результати власної роботи	4,03
8	ПОН розвиває здатність до самонавчання	4,19
9	ПОН розвиває здатність до критичного мислення	3,97
10	ПОН розвиває комунікативні навички студентів	4,39

Більшість викладачів відзначила позитивний вплив проблемних і проектних підходів на розвиток здатності працювати з інформацією (середнє значення 4,44), розвиток комунікативних навичок студентів (середнє значення 4,39) та підготовку студентів до застосування знань у практичних ситуаціях (середнє значення 4,28). Отримані в ході опитування відповіді корелюють з матеріалами опитувань інших дослідників (Tamim & Grant, 2013; Harrigan, 2014).

Ми також попросили викладачів, які застосовують проектно орієнтоване та проблемно орієнтоване навчання в освітньому процесі, вказати, яким типам завдань вони надають перевагу, як ставляться до мультидисциплінарних студентських проектів та до формування команд студентів з представників різних спеціальностей. Отримані результати наведені на рис. 5.2.



Рис. 5.2. Вибір типу завдань, проектів та організації студентських команд

Більшість учасників опитування, а саме 75 % (24 особи), надають перевагу відкритим та слабковизначеним проблемам, що є однією з основних вимог проблемно орієнтованого навчання. Однак готовність до участі в мультидисциплінарних проектах є дещо нижчою й становить 69 % (22 особи), як і готовність керувати групою студентів з різних спеціальностей – 56 % (18 осіб). 78,1 % (25 осіб) вказали, що оптимальною кількістю студентів у команді є 2–3 особи, 18,7 % (6 осіб) – 4 студенти, 3,2 % (1 особа) – 5–6 студентів.

Відповідаючи на запитання про спосіб планування роботи над проектом, лише 9,4 % (3 особи) зазначили, що план складає викладач – керівник проекту (група керівників), а студенти мають його дотримуватися; 75 % (24 особи) – план

складають і викладачі, й студенти, а потім на спеціальній зустрічі виробляється остаточний варіант; 15,6 % (5 осіб) – викладач лише визначає тематику дослідження, а студенти мають самостійно розробляти план реалізації.

53,1 % (17 осіб) вважають, що для проектів тривалістю 1 семестр і більше оптимальним є щомісячний проміжний звіт, 28,1 % (9 осіб) – один проміжний звіт у три місяці, 18,8 % (6 осіб) – один проміжний звіт у семестр. Поряд з цим 56,2 % (18 осіб) вважають недоречним упровадження індивідуального щоденника студента, оскільки, на їхню думку, це лише збільшить обіг документації, але не вплине на продуктивність роботи. 25 % (8 осіб) учасників опитування вважають таке впровадження звітної документації проекту у формі коротких електронних звітів, що подаються відповідно до графіка, доречним й обґрунтованим. 18,8 % (6 осіб) вважають, що такий щоденник може бути як у паперовій, так і в електронній формах (за вибором студента). Більшість учасників опитування досить високо оцінює можливість використання хмарних технологій та режимів колективної роботи при виконанні проектів (середня оцінка за п'ятибальною шкалою – 3,59).

Низка учасників опитування вказала також на можливість пропонувати різним групам студентів працювати над вирішенням однакових проблем, що в подальшому дозволить порівняти обрані методики вирішення та сприятиме розвитку творчого потенціалу студентів й імітації реальної професійної ситуації. Однак понад 70 % респондентів зазначили, що при цьому слід пропонувати студентам обирати різні методики вирішення проблем.

У ході опитування ми попросили респондентів у вільній формі відповісти на запитання, що стосуються організаційних аспектів упровадження проблемно орієнтованого навчання.

Спільним для низки відповідей виявилось визнання, що проектно орієнтоване навчання потребує значно більшого часу на етапі підготовки до безпосереднього впровадження порівняно з традиційними методами, а також готовності до активного спілкування зі студентами в позаурочний час. Фактично це означає, що традиційний підхід, коли організація студентських проектів покладається на плечі одного викладача, що має діяти одночасно як педагог,

консультант (фасилітатор), експерт з інженерних питань, експерт у сфері ІКТ тощо, призводить або до формалізації процесу впровадження студентських проектів, або до відмови від їх використання загалом. Говорячи про негативні риси формалізації процесу впровадження проектів, ми маємо на увазі:

- консервацію тематики проектів протягом декількох навчальних років (тематика проектної діяльності втрачає актуальність й унікальність, відсутній технічний і/чи соціальний запит на проектну розробку);
- при формулюванні тематики проектів відразу визначається, який об'єкт (процес, система) має бути на виході (проблема, що вирішується при виконанні проекту, є сильноструктурованою, що зменшує її освітній потенціал);
- відразу визначається перебіг виконання проекту, що, звичайно, спрощує для викладачів процес оцінювання отриманих результатів, але унеможливорює вибір студентами власної траєкторії для пошуку вирішення проблеми, визначаючи для них роль виконавців, а не співавторів (обмеженість самостійності студентів негативно впливає на формування управлінських навичок, навичок самоспрямованого навчання, роботи з інформацією тощо);
- відсутній сценарій (економічний, соціальний тощо) використання проектної розробки, означаючи, що не виконується вимога реалізації проекту в термінах життєвого циклу продукту – від ідеї до впровадження в практику;
- відсутнє сприйняття проектної діяльності студентів як території «спроб і помилок» (обмежуються інноваційність й оригінальність шуканих рішень);
- лише письмовий звіт про виконання проекту (відсутність презентації отриманих результатів обмежує об'єктивність оцінювання та можливість забезпечення зворотного зв'язку, що допомагає генерувати нові ідеї).

Відповідно до відповідей респондентів вимога, щоб тематика проектів була сучасною й пов'язаною з реальною практикою інженерної діяльності, також ускладнює добір тем проектів та їх оновлення рік від року. Окремі труднощі створює відсутність матеріально-технічної бази, що знову-таки робить неможливим виконання сучасних розробок. Відповідно, обов'язковою умовою впровадження проблемно орієнтованого навчання більшість викладачів називає

злагоджену роботу всіх викладачів відповідної спеціальності й підтримку з боку адміністрації ЗВО (перегляд освітніх програм з виділенням кредитів ЄКТС для проектів, підтримка співпраці між інститутами й факультетами, консультування викладачів, що впроваджують проектно орієнтоване навчання, залучення представників компаній до освітнього процесу, створення спеціалізованого підрозділу забезпечення проектної діяльності студентів різних спеціальностей, інформаційна підтримка проектів тощо).

Усі респонденти, які в тій чи іншій формі впроваджували проектно орієнтоване навчання, зазначили, що це вимагало від них зміни підходу до оцінювання студентів. Мова йде про необхідність здійснення постійного моніторингу як процесу проектної діяльності, так і академічних досягнень студентів з використанням чітких і вимірюваних критеріїв. Основні труднощі викликала необхідність оцінювати загальні компетентності, як, наприклад, роботу в групах, репрезентаційні та комунікативні навички.

Ряд викладачів відзначив зростання в студентів навичок організації власної діяльності та комунікативних навичок за результатами застосування проблемно орієнтованого навчання. Учасники опитування звернули також увагу на зростання мотивації студентів, покращення взаємодії між викладачем і студентами та між студентами в групі. Поряд з цим, на думку більшості респондентів, вплив проектно орієнтованого навчання на академічні результати студентів та їх знання з окремих дисциплін є опосередкованим і проявляється, переважно, через підвищення рівня сформованості загальних компетентностей (Dochy, Sefers, Vab deb Bosseche, & Gijbels, 2003). Цікаво, що, відповідаючи на запитання про впровадження дисципліни «Управління проектною діяльністю», лише 9,4 % висловилися про необхідність її впровадження як обов'язкової для всіх спеціальностей, 28,1 % вважають, що така дисципліна не потрібна, а 62,5 % підтримують її впровадження як дисципліни за вибором студента чи ЗВО.

Узагальнюючи результати дослідження, зазначимо, що більшість його учасників позитивно ставиться до впровадження проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання у процес підготовки студентів інженерних

спеціальностей для різних видів навчальної діяльності, хоча і вказує на об'єктивні труднощі, що виникають при цьому.

На нашу думку, успішність упровадження інноваційних педагогічних технологій визначається також готовністю студентів бути активними учасниками освітнього процесу. Опитування та анкетування студентів допомагають уникати формалізації в застосуванні проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання і допомагають зрозуміти, які напрями та види діяльності цікавлять студентів, їх бачення проектної діяльності у цілому (Староверова, Андреева, & Шакирова, 2014). Не менш важливо проводити регулярні анкетування й у випадку, коли проектний підхід вже є частиною освітнього процесу, що буде показано далі, при описі формульованого експерименту. У такому випадку доцільно проводити анкетування студентів на початку та після завершення виконання проектів (Chowdhury, 2013; Peeters, Londers, & Van der Hoeven, 2014). Студенти отримують можливість висловити свої враження щодо організаційних, методичних аспектів проекту, співпраці з колегами й консультантами проектів, а також щодо критеріїв та процедури оцінювання результатів їхньої роботи.

На констатувальному етапі ми вивчали готовність студентів інженерних (саме на цьому відповідно до проблематики дослідження зосереджувалася основна увага), а також природничо-математичних спеціальностей до роботи в рамках проектно орієнтованого навчання, участі в міждисциплінарних проектах та здійснювали оцінювання рівня усвідомленості студентами сутності проектної діяльності та її ролі в освітньому процесі.

Протягом червня–вересня 2105 року студенти різних курсів природничо-математичних та інженерних спеціальностей Навчально-наукового інституту фізики, математики та комп'ютерно-інформаційних систем (з 2017 року – ННІ інформаційних та освітніх систем) Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького брали участь в анонімному опитуванні щодо їх ставлення до проектної діяльності в рамках освітнього процесу. Анкета була сформована в електронному вигляді з використанням Google Форми (Луценко, 2015).

Для нашої анкети використовувалася шкала Лайкерта, яка містила п'ять можливих варіантів оцінок, а саме: *Ні*; *Скоріше ні*; *Можливо*; *Скоріше так*; *Так*. Позиції ми кодували числами від 1 до 5, де 1 відповідає відповіді «Ні», а 5 – відповіді «Так». Приклад одного із запитань анкети із указаними варіантами оцінок наведено в таблиці 5.2. Для обробки отриманих даних використовували підходи описової статистики.

Таблиця 5.2

Фрагмент анкети, сформованої з використанням шкали Лайкерта

№ з/п	Запитання	Ні	Скоріше ні	Можливо	Скоріше так	Так
		1	2	3	4	5
1.	Чи хотіли б Ви взяти участь у виконанні колективного студентського проекту (як курсової, бакалаврської чи магістерської роботи)?					

Усього в опитуванні взяло участь 57 студентів. Розподіл за спеціальностями (напрямами підготовки) та курсами був таким (напрями підготовки та спеціальності вказані відповідно до переліку, який діяв на момент проведення анкетування):

- 15 студентів 4 курсу ОКР бакалавр напряму підготовки Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології,
- 8 студентів 4 курсу ОКР бакалавр напряму підготовки Прикладна математика,
- 10 студентів 1 курсу ОКР спеціаліст спеціальності Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва,
- 18 студентів 4 курсу ОКР бакалавр напряму підготовки Фізика,
- 6 студентів 1 курсу ОКР спеціаліст спеціальності Математика.

Згідно із затвердженим у 2015 році переліком галузей знань і спеціальностей (КМУ, 2015), за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, спеціальності 111 Математика та 113 Прикладна математика належать до галузі

знань 11 Математика, спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – до галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування, спеціальність 104 Фізика та астрономія – до галузі знань 10 Природничі науки.

Усі учасники анкетування на момент його проведення вже мали попередній досвід виконання курсових робіт, бакалаврських та дипломних робіт, що мало допомогти їм зорієнтуватися в окремих організаційних аспектах проектної діяльності, порівняти власний досвід з можливостями, що відкриваються в рамках студентських проектів. На рис. 5.3 подано результати відповідей на запитання «Чи хотіли б Ви взяти участь у виконанні колективного студентського проекту (як курсової, бакалаврської чи магістерської роботи)?», згруповані за галузями знань.



Рис. 5.3. Результати анкетування студентів за методикою Лайкерта щодо їх готовності взяти участь у виконанні проекту

Максимальна кількість охочих долучитися до виконання проектів виявилася серед студентів спеціальності 104 Фізика та астрономія, де 22,22 % студентів обрали варіант «Так».

Середні значення оцінок, розраховані за результатами відповідей на це запитання, виявилися такими: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

технології – 3,48; 104 Фізика та астрономія – 3,78; 111 Математика та 113 Прикладна математика – 2,43.

Анкета містила також запитання, відповідаючи на яке, потрібно було оцінити, наскільки цікавими для студентів є різні етапи проекту (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Результати анкетування студентів за методикою Лайкерта щодо їх зацікавленості різними етапами проекту

Ми виділили п'ять основних етапів типового проекту, а саме:

- пошуковий (вибір та аналіз проблеми, вибір теми та планування проектної діяльності, збір та обробка інформації),
- конструкторський (робота з даними, синтез, аналіз, оцінювання ідей, виконання проектування),
- технологічний (матеріальне втілення виробу, створення продукту, тестування отриманих рішень, контроль якості),
- завершальний (оцінювання результатів проектування, підготовка документації за результатами роботи),
- представлення результатів (підготовка презентації, обговорення результатів).

Особливий інтерес у студентів викликає технологічний етап, пов'язаний із практичною реалізацією проекту. Етапи, що передбачають роботу з документацією, оформлення та репрезентацію результатів проекту, розглядаються як менш привабливі.

У таблиці 5.3 подані середні значення, розраховані за результатами відповідей на запитання щодо ставлення студентів до міждисциплінарної проектної діяльності.

Таблиця 5.3

Запитання анкети та середні значення для відповідей

№ з/п	Запитання	Середнє значення		
		АКІТ	Фізика та астрономія	Математика, прикладна математика
1.	Учасники команди, що працює над проектом, мають бути:			
	з Вашої спеціальності	4,12	3,33	3,64
	з іншої спеціальності	2,28	2,28	2,29
2.	Керівниками проекту мають бути:			
	викладачі Вашої спеціальності та представники підприємств	3,8	3,1	3,35
	викладачі Вашої спеціальності та викладачі інших спеціальностей університету	3	3,27	3,07
3.	Проекти повинні бути:			
	за тематикою Вашої спеціальності й стосуватися реальних задач	4,16	3,78	4,21
	за тематикою Вашої спеціальності та інших спеціальностей і стосуватися реальних задач	2,88	3,22	2,79
4.	Якої тривалості проект Ви б обрали?			
	короткостроковий (2–4 місяці)	3,04	3,33	2,79
	середньостроковий (5–8 місяців)	3,2	3	3,38
	довгостроковий (1 рік і більше)	2,76	2,5	2,79

Увага зверталася на різні варіанти, за яких може виконуватися мультидисциплінарний чи міждисциплінарний студентський проект, а саме

принцип формування команди виконавців, визначення підпорядкованості проекту, вибір тематики та тривалості проекту. Отримані відповіді дозволяють виділити декілька тенденцій. Для студентів усіх груп привабливішим є варіант, при якому група учасників проекту формується зі студентів їхньої спеціальності, а сам проект стосується задач, що зв'язані з реальною професійною практикою для даної спеціальності. Відповідно до відповідей студентів перевага надається коротко- чи середньостроковим проектам.

Студенти спеціальностей 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 111 Математика та 113 Прикладна математика переважно обирали варіант, при якому керівництво проектом здійснюють викладачі певної спеціальності та представники підприємств. Наступне запитання анкети стосувалося ролі проектів для формування певних компетентностей.

Студенти мали висловити своє ставлення до тверджень, наведених у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Запитання анкети та середні значення для відповідей

№ з/п	Запитання	Середнє значення		
		АКІТ	Фізика та астрономія	Математика, прикладна математика
	Виконання проектів під час навчання допомагає:			
1.	Навчитися здійснювати дослідження	3,88	4,44	3,93
2.	Навчитися використовувати наукові підходи	4,08	4,33	3,79
3.	Краще опанувати професійні дисципліни	4,56	4,22	3,79
4.	Навчитися проектувати	4,2	4,17	3,86
5.	Навчитися логічно мислити, працювати з інформацією	4,24	4,28	4,21
6.	Навчитися працювати в групі	3,72	4,22	3,71
7.	Краще зрозуміти професійну відповідальність (щодо безпеки праці, охорони навколишнього середовища тощо)	3,36	4,17	3,64

Відповідно до отриманих відповідей студенти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології вважають, що проекти краще допоможуть засвоїти дисципліни професійного циклу та навчитися працювати з інформацією. Для студентів спеціальності 104 Фізика та астрономія важливими є аспекти проектної діяльності, пов'язані з умінням здійснювати дослідження та використовувати наукові підходи. Серед студентів спеціальностей 111 Математика й 113 Прикладна математика максимальні значення отримало твердження, що проекти допомагають у розвитку логічного мислення та навичок роботи з інформацією.

Упровадження інноваційних підходів є складним процесом, що потребує консолідованих зусиль усіх груп учасників освітнього процесу, а саме професорсько-викладацького колективу, адміністративно-управлінського апарату та студентства. Здійснене опитування показує, що студенти загалом зацікавлені у виконанні проектів. Перевага при цьому надається роботі з проектами, що базуються на реальних задачах та відповідають тематиці їхньої спеціальності.

Матеріали опитування 2014–2015 рр. стали основою анкети, до якої у подальшому долучалися студенти тільки інженерних спеціальностей. Так, у 2016–2017 рр. ми провели опитування студентів 2–4 курсів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, які ще не мали досвіду проблемно орієнтованого та проектно орієнтованого навчання, з метою вивчення готовності їх до такого виду діяльності. Заздалегідь ми коротко розповіли студентам про можливі види проблем та проектів для майбутніх інженерів (Луценко, 2017). Також ми приділили значну увагу висвітленню різних аспектів проблемно орієнтованого навчання, щоб вибір студентів був максимально усвідомленим.

Усього до опитування долучилися 56 студентів, серед яких було 20 студентів 4 курсу, 17 студентів 3 курсу та 19 студентів 2 курсу. Відповідаючи на запитання «Чи хотіли б Ви бути учасником колективного проекту студентів?» учасники опитування мали обрати один з варіантів у шкалі від 1 до 5, де 1 відповідає цілковитій незгоді, а 5, відповідно, згоді.

Результати відповідей на запитання відображено на рис. 5.5. Наведений розподіл вказує на готовність долучитися до проектної діяльності та запит на практично орієнтовані завдання, що вирішуються в умовах колективної роботи.

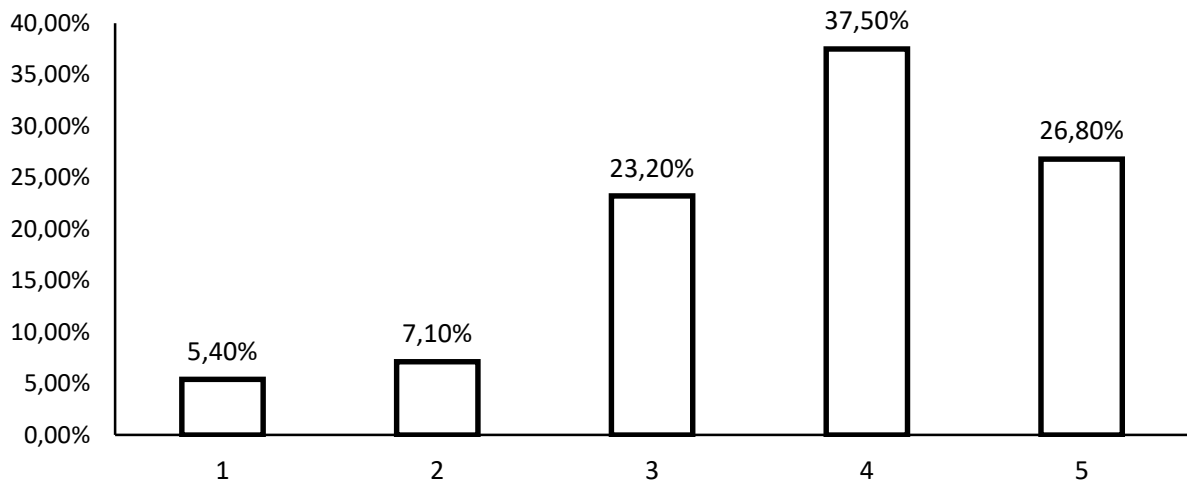


Рис. 5.5. Розподіл готовності студентів 2–4 курсів спеціальності АКІТ до участі в проектній діяльності

На рис. 5.6–5.8 наведено розподіл відповідей студентів 2–4 курсів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології на такі запитання:

1. Цікавим для Вас був би студентський проект:
 - за тематикою тільки Вашої спеціальності;
 - мультидисциплінарний (стосується інших напрямів).
2. Проект повинен включати студентів:
 - тільки з Вашої групи;
 - різних курсів Вашої спеціальності;
 - студентів інших спеціальностей.
3. Проект повинен:
 - стосуватися навчальних задач із наперед відомим рішенням;
 - стосуватися практичних задач, розв'язок яких ще не виконувався.

Наведені відповіді демонструють готовність студентів до проектної діяльності та показують їх відкритість до мультидисциплінарних проектів і змішаних команд виконавців.

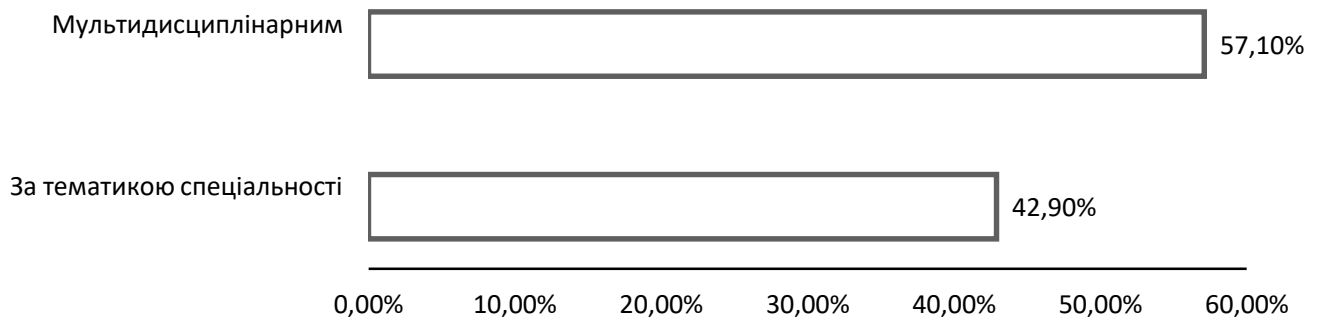


Рис. 5.6. Вибір тематики проекту

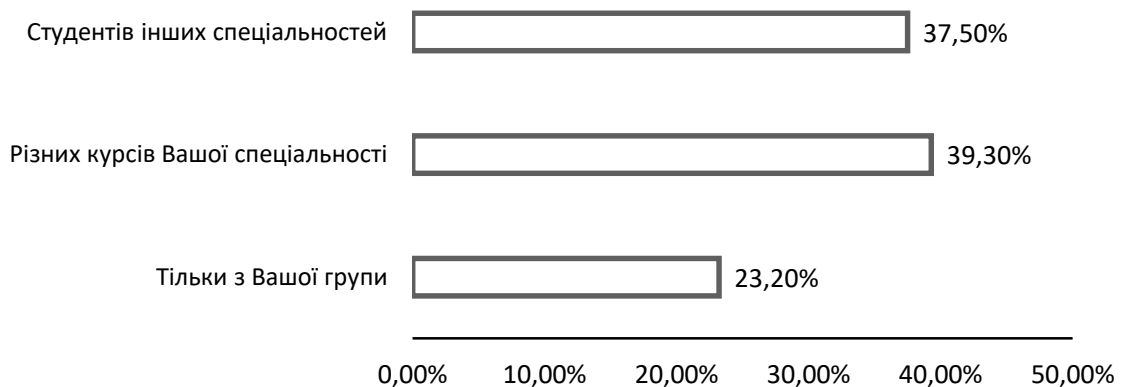


Рис. 5.7. Вибір учасників проекту

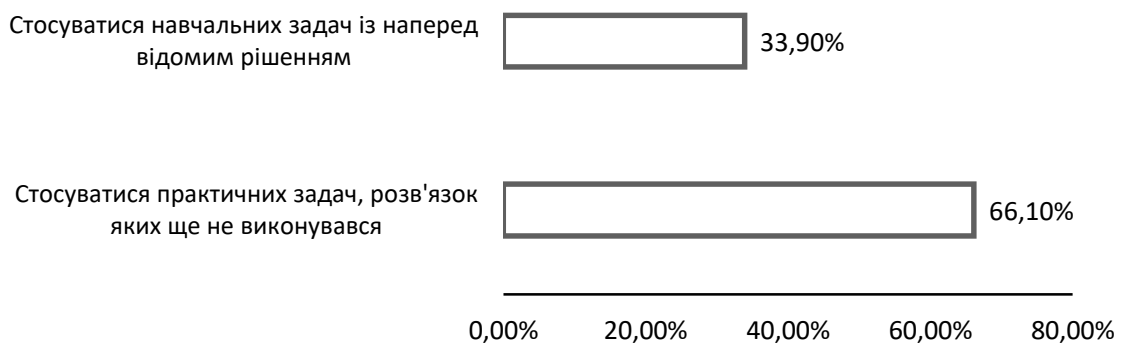


Рис. 5.8. Вибір типу проблемного завдання

Зазначимо, що студенти старших курсів демонструють вищу готовність до участі в міждисциплінарних проектах: 65 % студентів четвертого курсу, 59 % – третього курсу та 47 % – другого курсу. Такі результати опосередковано свідчать

про невпевненість студентів молодших курсів, способом подолання якої є залучення їх до проектів малого та середнього масштабу з першого курсу.

Важливим завданням констатувального етапу експериментального дослідження було визначення структури професійної компетентності майбутніх інженерів та її деталізація. Як вже зазначалося в розділі 3.4, розробляючи структуру професійної компетентності, критерії визначення рівня сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів, ми інтегрували ідеї вітчизняних дослідників, матеріали провідних університетів й акредитаційних агентств, напрацювання проекту Tuning-ANELO (Meijers, Overveld, & Perrenet, 2005; Ягупов, 2012; Марцева, 2015; Aalborg University, 2015; Бірюк, 2016).

Усього було визначено чотири критерії (компоненти) сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів: когнітивний, діяльнісний, операційно-управлінський і комунікативно-особистісний, що відповідають категоріям програмових результатів навчання Tuning-ANELO. Так, відповідними когнітивному компоненту ми вважаємо компетентності Tuning-ANELO, що належать до категорій «Фундаментальні та інженерні науки» й «Інженерний аналіз та дослідження»; діяльнісному – «Інженерне проектування», «Інженерна практика»; операційно-управлінському й комунікативно-особистісному – «Загальні навички».

З метою формування фактичного наповнення запропонованих компонентів ми використали метод експертних оцінок.

На початковому етапі використання цього методу було проаналізовано сучасні джерела, для того щоб окреслити коло можливих експертів та якомога чіткіше означити досліджувану ситуацію для них. Зважаючи на особливості саме підготовки інженерів, а саме той факт, що серед викладачів, які працюють зі студентами інженерних спеціальностей, є викладачі, базова освіта яких є інженерною, і викладачі, базова освіта яких мала педагогічну складову (наприклад, викладачі математичних дисциплін, фізики, хімії тощо), до групи експертів було залучено представників з різною базовою освітою. Окрім того, важливою є думка

представників у сфері професійної освіти, які готують інженерно-педагогічні кадри, які в подальшому впливатимуть на підготовку майбутніх інженерів.

Відповідно до визначених вимог була сформована група експертів, детальна структура та кількісний склад якої наведено на рис. 5.9.

Слід зазначити, що початкова вибірка включала 22 викладачів з Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова, Української інженерно-педагогічної академії, однак не всі з експертів мали змогу долучитися до цієї діяльності, що тривала протягом лютого – березня 2015 року. Всього було сформовано дві групи експертів: одна у складі 8 осіб, інша – 9.



Рис. 5.9. Структура експертної групи

Усі експерти заповнили типову анкету, перший блок запитань якої стосувався даних про їхню базову освіту, науковий ступінь, учене звання, посаду, основні дисципліни й стаж викладацької діяльності. Експерти могли на власний розсуд додати значущу інформацію, наприклад, про участь у роботі комісії МОН з розроблення стандартів, коло наукових інтересів, адміністративно-управлінську діяльність у сфері освіти тощо.

Другий блок включав перелік компетентностей, згрупованих відповідно до запропонованих категорій, значущість яких для майбутніх інженерів потрібно було

оцінити з використанням 5-бальної шкали Лайкерта (від «5» – максимальне значення до «1» – мінімальне). Формулювання компетентностей відповідало матеріалам проектів Tuning і Tuning-ANELO, однак деякі позиції були деталізовані відповідно до рекомендацій експертів. Приклад анкети наведено у таблиці 5.5. Окремо анкета містила поле, в якому експерти могли зазначити власні пропозиції щодо важливих компетентностей.

За результатами заповнених анкет було розраховано середні значення для кожної з компетентностей і визначено їх ранг, значення якого для кожного з критеріїв залежало від кількості компетентностей, унесених до переліку. У випадку, коли значення були однаковими, їм присвоювався ранг, який розраховувався як середнє значення їх позицій.

Таблиця 5.5

Фрагмент таблиці, яку заповнювали експерти

	Когнітивний критерій	1	2	3	4	5
1	Знання та розуміння природничо-наукових та математичних принципів, що відповідають певній інженерній галузі					
2	Систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій, що відповідають певній інженерній галузі (глибина знань)					
3	Усебічні знання, що відповідають певній інженерній галузі, включаючи нагальні проблеми (мультидисциплінарність)					
4	Логічне мислення, аналіз та синтез, здатність до абстракцій					
5	Уміння проектувати та проводити відповідні експерименти, інтерпретувати дані та робити висновки.					
6	Уміння застосовувати набуті знання для ідентифікації, формулювати та вирішувати інженерні проблеми з використанням відповідних методів					

Надалі для визначення міри узгодження оцінок експертів було використано критерій рангової кореляції Спірмена:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i}{n(n^2-1)}, \quad (5.3)$$

де ρ – коефіцієнт кореляції рангів, $d_i = (x_i - y_i)$ – квадрат різниці рангів, n – кількість вимірюваних об'єктів.

У кожному з випадків значущість коефіцієнта кореляції оцінювалася за критерієм Стюдента:

$$T_{\text{спост}} = \rho \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (5.4)$$

Коефіцієнт кореляції вважається статистично значущим, якщо $T_{\text{спост}}$ більше від табличного значення критерію Стюдента (рівень значущості $\alpha = 0,05$, кількість ступенів вільності залежить від кількості компетентностей у кожному з переліків).

Визначення загального рівня сформованості професійної компетентності k_c здійснювалося з використанням наведеної нижче формули (Павлов, 1971):

$$k_c = \frac{k_K + k_D + k_{OU} + k_{KO}}{4}, \quad (5.5)$$

де k_K – коефіцієнт сформованості когнітивного компонента; k_D – коефіцієнт сформованості діяльнісного компонента; k_{OU} – коефіцієнт сформованості операційно-управлінського компонента; k_{KO} – коефіцієнт сформованості комунікативно-особистісного компонента. Для визначення сформованості окремих компонентів використовувалося співвідношення:

$$k_i = \frac{n}{n_{\text{max}}} \times 100\%, \quad (5.6)$$

де n – середня арифметична кількість балів, набрана за визначеним критерієм;

n_{max} – максимальне середнє значення балів для кожного з критеріїв.

Надалі використовується розподіл значень параметра k за рівнями сформованості (див. табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Розподіл параметра k за рівнями сформованості

№ з/п	Значення коефіцієнта k_c	Рівень сформованості
1.	0,76–1	Творчий (високий)
2.	0,51–0,75	Реконструктивно-варіативний (достатній)
3.	0,26–0,50	Реконструктивний (середній)
4.	0,01–0,25	Репродуктивний (низький)

Для використання наведеного розподілу розраховані бали нормуються на 100 для переходу до абсолютних величин. Перехід студентів з рівня на рівень може відбуватися у процесі навчання і/та під впливом упроваджуваних у дослідженні підходів.

За результатами анкетування експертів для кожного з критеріїв було обрано ознаки, які оцінювалися як максимально значущі для професійної діяльності майбутніх інженерів (додаток И.2). У таблиці 5.7 наведено коефіцієнти кореляції для всіх критеріїв і відповідні коефіцієнти значущості.

Таблиця 5.7

Коефіцієнт кореляції експертних оцінок та розраховані значення значущості коефіцієнта кореляції

	Когнітивний критерій	Діяльнісний критерій	Операційно-управлінський критерій	Комунікативно-особистісний критерій
Коефіцієнт кореляції Спірмена	0,767	0,738	0,730	0,76
Значущість коефіцієнта кореляції	3,16	2,68	3,02	3,13

У процесі розроблення деталізованого опису критеріїв, а саме матриці відповідності програмових результатів навчання та компетентностей, ми звернулися до досвіду вітчизняних та зарубіжних дослідників (Бірюк, 2016; Бачієва, 2016; Napier, Keil, & Tan, 2009; Keil, Lee, & Deng, 2013; Lesmond, McCahan, & Beach, 2017; Jones & Abdallah, 2013; Moore, Guzey, & Holly, 2015).

Когнітивний критерій пов'язаний із рівнем засвоєння майбутніми інженерами знань з фундаментальних та інженерних наук, і для нашого дослідження його показниками є:

- здатність демонструвати знання та розуміння природничо-наукових та математичних принципів, що відповідають певній інженерній галузі (Ког1);
- здатність застосовувати знання для ідентифікації, формулювання та вирішення інженерних проблем з використанням відповідних методів (Ког2);

– здатність демонструвати розуміння методології інженерного проектування та здатність використовувати її на практиці (Ког3);

– здатність до логічного мислення, аналізу й синтезу, здатність до абстракцій (Ког4).

У таблиці 5.8 наведено опис рівнів сформованості для вказаних показників, що розроблялися з використанням поняттєвого апарату таксономії Блума-Андерсона та SOLO таксономії (Johansson, Larsson, & Wingard, 2007).

Таблиця 5.8

Рівні сформованості когнітивного компонента

	Опис рівнів сформованості			
	Репродуктивний (низький)	Реконструктивний (середній)	Реконструктивно-варіативний (достатній)	Творчий (високий)
Ког1	наявність знань окремих фактів та термінології (декларативні знання)	наявність знань основних фактів, термінології, принципів, теорій, моделей (процедурні знання), уміння ідентифікувати їх у різних формах	наявність знань і розуміння основних фактів, принципів, термінології, теорій та ін., методології й технологій (структурні знання), уміння ідентифікувати й застосувати їх	наявність знань і розуміння основних фактів, термінології, принципів, теорій та моделей, методології й технологій та здатність приймати рішення на їх основі (стратегічні знання)
Ког2	розв'язання типових задач з допомогою викладача або за зразком	розуміння та застосування знань з метою вирішення типових задач, виконання комбінованих дій	аналіз і самостійне формулювання та вирішення завдань відповідними методами	оцінювання неформалізованих ситуацій, ідентифікація, формулювання та вирішення оригінальних інженерних завдань
Ког3	виконання основних процедур проектування з допомогою або за зразком	знання основних процедур проектування та їх застосування в типових ситуаціях, виконання комбінованих дій	знання основних процедур проектування, аналіз ситуації для їх вибору в нестандартних завданнях	оцінювання проектних завдань і способів їх реалізації, модифікація відомих підходів, узагальнення та рефлексія
Ког4	низький рівень володіння мисленнєвими операціями	середній рівень володіння основними мисленнєвими операціями	розвинуте логічне мислення, здатність аналізувати ситуації, вибір варіантів поведінки	розвинуте логічне мислення, здатність до аналізу ситуації, синтезу рішень та їх оцінювання

Для оцінювання когнітивного компонента використовуються результати оцінювання студентів: вхідний контроль знань (діагностичне тестування), проміжний контроль на різних етапах реалізації проектів, захисти курсових і випускних робіт, що виконувалися в умовах проектно орієнтованого навчання, показники академічної успішності за відповідні семестри (додаток И.3).

Діяльнісний критерій пов'язаний з наявністю в студентів фахових навичок у сфері інженерного проектування й інженерної практики загалом, включаючи, серед інших, розуміння методології проектування і здатність її використовувати з урахуванням визначених вимог і специфікацій; навички роботи в лабораторії та практичні вміння з використання різних технік, методів, спеціалізованого програмного забезпечення тощо; здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел. Діяльнісний компонент професійної компетентності оцінюється за результатами виконання студентами проектних завдань, лабораторних робіт, написання курсових та випускних робіт, участю в конкурсах студентських проектів і стратапів, студентських конференціях тощо (додаток И.4).

Експертами було обрано наведені далі показники (див. табл. 5.9):

- здатність інтегрувати теорію і практику для вирішення інженерних проблем (Дія1);
- здатність використовувати сучасне програмне забезпечення інженерного призначення (Дія2);
- здатність здійснювати пошук інформації з різних джерел, її обробку й аналіз для інженерно-технічних потреб (Дія3);
- здатність розробляти й описувати процедуру вирішення інженерних проблем, обираючи та використовуючи відповідне обладнання, інструменти та методи (Дія4).

Операційно-управлінський критерій пов'язаний з навичками проектного менеджменту, здатністю планувати й управляти часом, зокрема в контексті організації власної освітньої діяльності, навичками використання інформаційних і комунікаційних технологій, здатністю використовувати різні методи для спілкування та організації співпраці.

Рівні сформованості діяльнісного компонента

	Опис рівнів сформованості			
	Репродуктивний (низький)	Реконструктивний (середній)	Реконструктивно-варіативний (достатній)	Творчий (високий)
1	2	3	4	5
Дія1	відсутність системного розуміння зв'язків між теорією і практикою в інженерії (для окремих освітніх компонентів та в цілому)	розуміння та застосування теоретичних знань до типових практичних задач (виконання розрахунків реальних систем за відомим алгоритмом)	аналіз теоретичної інформації та вміння самостійно обирати методологію вирішення практичних задач, дотримання не всіх обмежень	синтез методології вирішення проблем з урахуванням мультидисциплінарної природи інженерних знань, розуміння потреб та обмежень при використанні різних методологій
Дія2	використання ПЗ за визначеним алгоритмом і з допомогою викладача	використання ПЗ для самостійного виконання типових задач	використання ПЗ для виконання задач різних рівнів складності, вміння користуватися бібліотеками програмного продукту та спеціалізованими сайтами	використання ПЗ для виконання задач різних типів складності, самостійний добір і опанування нових програмних продуктів
Дія3	низький рівень розуміння особливостей інженерно-технічної документації та навичок з її пошуку й верифікації, відсутність навичок оцінювання валідності джерел, ознаки плагіатизму	середній рівень розуміння особливостей інженерно-технічної документації, вміння здійснювати пошук за ключовими словами, середні навички оцінювання валідності інформації, не завжди коректно наведено посилання на джерела	достатній рівень розуміння особливостей інженерно-технічної документації, вміння здійснювати розширений пошук, достатні навички оцінювання валідності інформації, загалом коректно визначено посилання на джерела	високий рівень розуміння особливостей інженерно-технічної документації, вміння здійснювати розширений пошук, користуватися професійно орієнтованими форумами та спеціалізованими сайтами, високий рівень навичок оцінювання валідності інформації, правильно вказано посилання на джерела різних типів

1	2	3	4	5
Дія4	використання типового обладнання за задалегідь визначеним алгоритмом та з допомогою викладача	уміння використовувати типові обладнання, плануючи процедуру вирішення типових інженерних проблем	використання обладнання для виконання задач різних рівнів складності, вміння користуватися технічною документацією та спеціалізованими сайтами	оцінювання придатності обладнання різних типів для вирішення задач, самостійний добір обладнання, синтез процедур його використання

Для операційно-управлінського критерію експертами було обрано такі показники:

- здатність до ефективної роботи в команді, навички міжособистісної взаємодії в умовах командної роботи (ОУ1);
- здатність демонструвати знання проектного менеджменту та бізнес-практик, навички управління проектами (ОУ2);
- здатність демонструвати навички використання інформаційних та комунікаційних технологій у ході виконання проекту і для представлення отриманих результатів (ОУ3).

У таблиці 5.10 наведено опис рівнів сформованості для операційно-управлінського компонента.

Для оцінювання операційно-управлінського компонента ми використовували анкетування студентів на різних етапах проектної діяльності, відгуки викладачів, що виконували функції керівників/консультантів проектів. Запропоновані анкети містили різні типи запитань: з відкритою відповіддю, з ранжуванням, з оцінюванням пріоритетності тощо (додаток И.5).

Комунікативно-особистісний критерій включає здатність бути критичним і самокритичним; здатність до самоспрямованого навчання, навички роботи в команді, здатність спілкуватися й співпрацювати з експертами з різних галузей, ініціативність і креативність; розуміння принципів сталого розвитку (збереження навколишнього середовища, етичні міркування) (таблиця 5.11).

Рівні сформованості операційно-управлінського компонента

	Опис рівнів сформованості			
	Репродуктивний (низький)	Реконструктивний (середній)	Реконструктивно-варіативний (достатній)	Творчий (високий)
ОУ1	несумлінне виконання обов'язків учасника команди, несвоєчасне виконання обумовлених завдань, пасивна або некоректна стосовно інших учасників команди поведінка, звіт та виступ не відповідають вимогам	середня участь у виконанні завдань, завдання виконуються несвоєчасно або недостатньо якісно, низька активність під час зустрічей команди, звіт та презентація результатів проекту містять помилки	достатній рівень участі у виконанні завдань, сумлінна робота над збором інформації та плануванням завдань команди, якісне й своєчасне виконання обов'язків, результат та звіт відповідають вимогам	високий рівень участі у виконанні завдань, виконання різних функцій у ролі учасника команди (лідерських та виконавських), якісне та своєчасне виконання завдань, допомога іншим учасникам команди, активна позиція під час зустрічей, уміння працювати в міждисциплінарних проєктах
ОУ2	слабкі навички з ідентифікації задач проєкту, часу та ресурсів для їх виконання, відсутність навичок використання спеціалізованого ПЗ	уміння визначати основні завдання проєкту, будувати основні структури, проблеми при визначенні затрат часу і ресурсів, розроблення автоматизованих систем за умов наявності повної документації проєкту	уміння визначати основні задачі проєкту та планувати їх виконання в часі, уміння розраховувати ресурси проєкту, визначати вимоги до виконавців	уміння визначати всі завдання проєкту, будувати структури проєкту, використовуючи сучасні підходи, коректно розраховувати час та затрати на проєкт, використовувати сучасних методологій проєктної роботи (agile, SCRUM тощо).
ОУ3	слабкі навички володіння ІКТ, відсутність системного розуміння специфіки їх використання для репрезентації розробок та співпраці	середні навички володіння ІКТ, використання типового ПЗ для представлення результатів та комунікації	достатній рівень навичок володіння ІКТ, уміння обирати відповідне ПЗ для репрезентації результатів та перебігу проєктної діяльності	ефективне використання для представлення результатів проєктної діяльності, ведення документації проєкту та супровідної документації

Рівні сформованості комунікативно-особистісного компонента

	Опис рівнів сформованості			
	Репродуктивний (низький)	Реконструктивний (середній)	Реконструктивно-варіативний (достатній)	Творчий (високий)
КО1	слабке розуміння власних освітніх потреб, відсутність відповідальності за освітній процес і навички моніторингу, труднощі з використанням ІКТ, мінімальна участь в освітніх заходах	середнє розуміння власних освітніх потреб, відсутність ініціативності при виконанні навчальних завдань, середні навички моніторингу власного навчання, використання ІКТ для освітнього процесу в режимі пасивного спостерігача	достатнє розуміння власних освітніх потреб, відповідальне ставлення до освітньої діяльності, навички рефлексії в сенсі власного навчання, активне використання ІКТ у режимі діалогу, активна участь у різних видах освітньої діяльності	високий рівень розуміння власних освітніх потреб, відповідальне ставлення до освітньої діяльності, розвинута рефлексія в сенсі власного навчання, активне використання ІКТ у режимі діалогу, активна участь у різних видах освітньої діяльності, здатність самостійно планувати власну освітню стратегію
КО2	слабко розвинуті навички письмової та усної комунікації в контексті проектної діяльності, проблеми з підготовкою презентації (тривалість, логіка викладу тощо)	середньо розвинуті навички письмової та усної комунікації, у презентації ключові позиції висвітлені недостатньо, логіка викладу недотримана	достатньо розвинуті навички письмової та усної комунікації, презентація логічно структурована, ілюстрації вдало супроводжують виступ, підтримується контакт з аудиторією	високо розвинуті навички письмової та усної комунікації, презентація логічно структурована, вміння візуалізувати опрацьовану інформацію, контакт з аудиторією, відсутність труднощів під час відповідей на запитання
КО3	відсутня здатність до саморефлексії, відсутність ціннісних орієнтирів для професійної діяльності	окремі навички саморефлексії, формальне сприйняття ціннісних орієнтирів	розвинуті навички саморефлексії, уміння оцінювати власну діяльність та її наслідки, належне розуміння цінностей та вимог інженерної діяльності	високорозвинені навички саморефлексії, здатність аналізувати власну діяльність та обирати відповідні стратегії подальшої поведінки, відповідальність за прийняті рішення, сформовані ціннісні орієнтири для інженерної діяльності

Найбільш значущими показниками комунікативно-особистісного критерію є:

- здатність учитися та бути сучасно навченим, включаючи здатність до розпізнання власних потреб та самостійного навчання впродовж життя (КО1);
- комунікативні навички (у тому числі спілкування з експертами з різних галузей) (КО2);
- розуміння відповідальності за прийняті інженерні рішення, ціннісні орієнтири, саморефлексія (КО3).

Для оцінювання цього компонента ми також використовували анкетування студентів на різних етап проектної діяльності (додаток И.6).

Дані, отримані за результатами дослідження, відповідають двом основним категоріям груп. Категорія 1 – студенти бакалаврату (2–4 курси) без попереднього досвіду проектної діяльності:

- К1 (контрольна група 1): 84 особи (25–30 осіб щорічно);
- Е1 (експериментальна група 1): 72 особи (20–25 осіб щорічно).

Категорія 2 – студенти бакалаврату (4 курс) та студенти 5 курсу (спеціалісти) з попереднім досвідом проектної діяльності:

- К2 (контрольна група 2): 57 осіб (20–22 особи щорічно);
- Е2 (експериментальна група 2): 43 особи (13–15 осіб щорічно).

Таким чином, було виділено два типи експериментальних груп, що відрізняються попереднім досвідом проектної роботи та досвідом вирішення інженерних завдань у рамках написання бакалаврських і дипломних робіт. Наведені далі результати показують відмінність рівня сформованості професійної компетентності для таких груп.

5.3. Результати формувального експерименту та їх аналіз

У процесі формувального етапу експериментального дослідження ефективності системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання було:

- здійснено ідентифікацію поточного стану сформованості професійної компетентності на початковому етапі дослідження для студентів експериментальних та контрольних груп з використанням критеріїв, описаних у попередньому підрозділі;

- визначено напрями застосування проектно орієнтованого навчання на рівні окремих навчальних дисциплін, міждисциплінарних проектів, курсових і випускних (бакалаврських і дипломних) робіт;

- визначено домінуючі форми індивідуальної діяльності студентів у складі студентських команд і умови їх ефективного провадження;

- визначено ефективні форми інтеграції проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання як важливого інструмента планування проектної діяльності студентів;

- реалізовано запропоновану систему професійної підготовки на засадах проектно орієнтованого навчання в експериментальних групах, а саме організовано системний вплив на когнітивний, діяльнісний, операційно-управлінський та комунікаційно-особистісний компоненти професійної компетентності у рамках проектної діяльності студентів;

- досліджено фактичний перебіг процесу професійної підготовки майбутніх інженерів за умов упровадження інтегрованих змін до організації та наповнення освітніх програм;

- здійснено порівняння отриманих результатів сформованості професійної компетентності для контрольних та експериментальних груп.

Проведення формувального експерименту, розширені результати якого також будуть наведені в цьому підрозділі, ми поєднували з проектно-дослідницькою діяльністю, що дозволяла оцінити позитивні та негативні ефекти, пов'язані зі студентськими проектами, та модифікувати запропонований підхід (Lutsenko, 2018).

Нижче представлено результати проектно-дослідницької діяльності, отримані протягом 2014–2017 навчальних років для експериментальної групи E2, що охоплювала студентів, залучених до виконання проектів з проектного

менеджменту в рамках написання курсових робіт. Деталі реалізації проектної діяльності наведено в підрозділі 4.4.

Як зазначалося вище, кількість студентів в експериментальній групі E2 становила 43 студенти: 13 (93 % від кількості студентів у групі) у 2014–2015 навчальному році, 16 (94 % від кількості студентів у групі) у 2015–2016 та 14 (78 % від кількості студентів у групі) у 2016–2017 навчальних роках відповідно. Серед респондентів було 80 % чоловіків (n=34) та 20 % жінок (n=9). Усі учасники мали попередньо здобутий ступінь бакалавра з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та продовжили навчання на освітньому рівні спеціаліст з комп'ютерно-інтегрованих технологічних процесів та виробництв. Лише 5 (~12 %) респондентів (2 студенти в 2014 та 3 студенти в 2015) мали перерву тривалістю 1 рік після завершення навчання на ОС бакалавр.

Основною метою опитувань, що проводилися між 2014 та 2017 роками, було вивчення впливу проектно орієнтованого навчання на розвиток загальних компетентностей студентів, пов'язаних зі здатністю управляти власною діяльністю та часом, а також ефективно спілкуватися та співпрацювати з іншими членами команди при виконанні спільних проектів. Відповідно, наше опитування складалося з декількох частин. Перша частина опитувальника була розроблена з урахуванням переліку програмових результатів навчання для дисципліни з управління проектами. Для оцінювання динаміки процесу ми також просили студентів відповісти на декілька запитань, пов'язаних з їх попереднім досвідом, зокрема щодо роботи над написанням випускної бакалаврської роботи.

Водночас було очевидно, що наше опитування спрямоване також на досягнення низки інших завдань. Одним з них було встановлення зворотного зв'язку зі студентами на основі досвіду, здобутого ними під час проектно орієнтованого навчання. Зазначимо, що опитування студентів є одним з обов'язкових етапів моніторингу чинних та розроблення нових освітніх програм (Gonzalez & Wagenaar, 2008). Відповідно, другий розділ нашого опитувальника містив запитання, пов'язані з організаційними аспектами проблемно орієнтованого

навчання та сприйняттям студентами проектно орієнтованого навчання як особливої педагогічної технології.

Ми використовували різні формати запитань, серед яких: запитання, що передбачають вибір з-поміж декількох запропонованих варіантів відповідей та запитання зі шкалою. В останньому випадку ми використовували п'ятиточкову шкалу Лайкерта з різними варіантами відповідників. Наприклад, від «1» для «не важливо» до «5» для «надзвичайно важливо». Студенти заповнювали запропоновану анкету анонімно. У 2014–2015 та 2015–2016 навчальних роках ми використовували паперові анкети, а в 2016–2017 навчальному році було впроваджене комп'ютерне опитування з використанням Google Форм.

Як було зазначено вище, 88 % респондентів отримали ступінь бакалавра та продовжили навчання на ОКР спеціаліст у тому ж календарному році. Таким чином, ми мали можливість проаналізувати їхній недавній освітній досвід для того, щоб оцінити, наскільки проектно орієнтоване навчання впливає на формування компетентностей майбутніх фахівців.

На початку опитування студенти мали визначити, які три види діяльності з перерахованих були для них найскладнішими при написанні випускних бакалаврських робіт. Повний перелік варіантів відповідей був таким:

1. Було складно використовувати різні джерела інформації, щоб знайти, обрати, обробити та верифікувати інформацію за темою роботи.
2. Було складно визначити етапи своєї роботи (визначити основні питання дослідження, написати огляд джерел, виконати практичну частину).
3. Було складно написати текст роботи (що передбачає здатність спілкуватися в письмовій формі рідною мовою).
4. Було складно оформити роботу згідно з вимогами.
5. Було складно підготувати усну доповідь та презентацію.
6. Було складно зробити оригінальну частину роботи, тому що виникали труднощі із застосуванням отриманих теоретичних знань на практиці.
7. Було складно організувати співпрацю з викладачем.
8. Було складно спланувати власний час для виконання роботи.

Результати, наведені в таблиці 5.12, показують, що протягом трьох років, коли відбувалося опитування, студенти відчували труднощі з плануванням власного часу для написання бакалаврської роботи – у середньому 23,7 % респондентів.

Також від 12,82 % до 14,58 % учасників опитування потребували допомоги при складанні плану роботи. Окрім того, студенти відзначили труднощі, що виникали в процесі пошуку, оброблення та відбору інформації для написання роботи й представлення її в письмовій формі. Стюарт (2007) отримав подібні результати при оцінюванні готовності студентів інженерних спеціальностей до самоспрямованого навчання, коли пункти «Я встановлюю строгі часові рамки» та «Я встановлюю визначений час для мого навчання» отримали найнижчі оцінки відповідно до результатів оцінювання студентами власних якостей.

Таблиця 5.12

Відповіді студентів на запитання «Які труднощі виникали під час написання випускної бакалаврської роботи?»

#	2014–2015	2015–2016	2016–2017	Середнє значення	Стандартне відхилення
1	15,385%	12,50%	11,90%	13,26%	0,019
2	12,82%	14,58%	14,29%	13,90%	0,009
3	15,385%	10,42%	14,29%	13,37%	0,026
4	7,69%	8,33%	11,90%	9,31%	0,023
5	7,69%	10,42%	7,14%	8,42%	0,018
6	12,82%	12,50%	14,29%	13,20%	0,010
7	5,13%	6,25%	4,76%	5,38%	0,008
8	23,08%	25,00%	21,43%	23,17%	0,018

Інші автори також відзначають, що брак відповідних навичок до регуляції власного часу та схильність затягувати виконання навчальних завдань до дати звіту є поширеною проблемою серед студентів (Häfner, Oberst, & Stock, 2014; Howell & Watson, 2007).

Як показують сучасні дослідження, попри добре розвинуту в сучасних студентів цифрову грамотність (digital literacy) к контексті повсякденних завдань, знаходження релевантної професійно орієнтованої інформації викликає відчутні

ускладнення (Head & Eisenberg, 2010). Поряд із цим у статті вміння використовувати джерела для пояснення питань, пов'язаних із завданням, що виконується, розглядається як один з індикаторів самоспрямованого навчання (Warnock & Mohammadi-Aragh, 2016).

Також студентам було поставлено запитання «#1 Наскільки складно вам було працювати над підготовкою випускної бакалаврської роботи?» та «#2 Наскільки складним Вам здається написання випускної дипломної роботи після завершення курсу з елементами проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання?». Відзначимо, що на цьому етапі більшість студентів почала розглядати випускну дипломну роботу як «наступний проект». Ми використовували п'ятибальну шкалу з «1» для «дуже складно» до «5» для «нескладно». Середні значення для отриманих відповідей у розрізі навчальних років наведено на рис. 5.10.

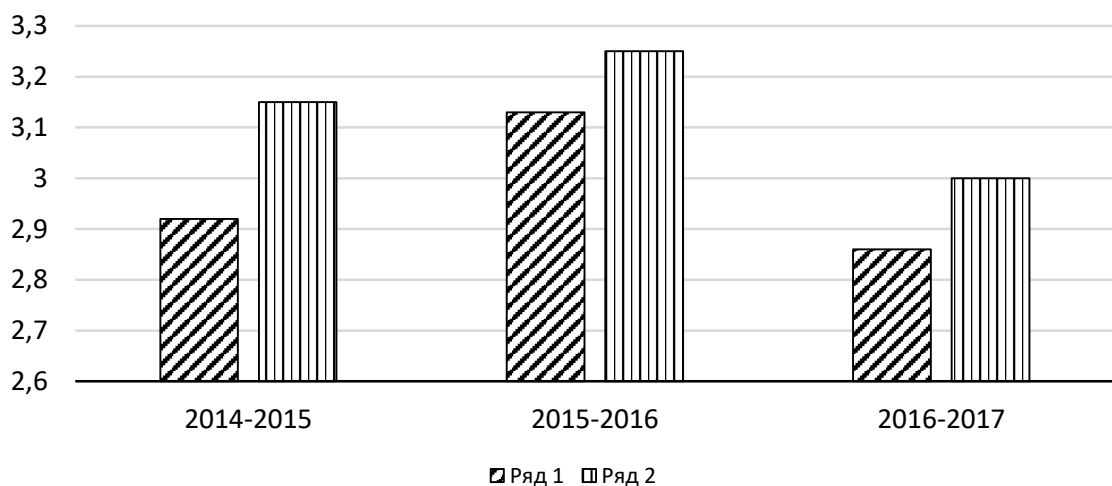


Рис. 5.10. Оцінювання студентами власної впевненості під час виконання випускних робіт

Надалі студентам було запропоновано оцінити, наскільки змінилися їхні навички після виконання проекту. Для цього запитання ми використовували шкалу від 1 до 5, де 1 відповідає мінімальній зміні, а 5 – максимальній. Запропонований перелік позицій та отримані результати наведено в таблиці 5.13.

Для всіх трьох років, що тривало опитування, найвище зростання демонструється для здатності навчатися самостійно (самоспрямоване навчання).

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях та здатність працювати з інформацією також істотно зростають.

Таблиця 5.13

**Оцінювання студентами зміни власних якостей
після виконання проекту**

Опис позицій	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	Середнє значення	Стандартне відхилення
Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел	3,97	4,3	4,57	4,28	0,30
Здатність працювати в команді	3,72	4,3	3,71	3,91	0,34
Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так письмово	3,64	3,9	3,57	3,70	0,17
Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях	4,09	4,3	4,14	4,18	0,11
Здатність планувати та управляти часом	4,01	4,2	4,15	4,12	0,10
Здатність бути критичним і самокритичним	3,64	3,8	4	3,81	0,18
Здатність вчитися і бути сучасно навченим (включаючи здатність навчатися самостійно)	4,00	4,4	4,5	4,30	0,26

Для того щоб проаналізувати готовність студентів діяти в ситуаціях, коли їм доведеться знову працювати над виконанням проектів, ми запропонували відповіді на наступну групу запитань. Перше з них стосувалося вибору типу проблеми: слабо визначена проблема з невідомим наперед вирішенням, що має практичне значення, чи навчальна проблема, добре структурована та з відомим вирішенням. Також ми запропонували обрати цікавіший, на їхню думку, проект: пов'язаний із задачами лише їхньої спеціальності чи мультидисциплінарний та бажаний склад групи виконавців: з чи без представників інших спеціальностей. Отримані відповіді наведені в таблиці 5.14.

Наведені результати демонструють відсутність єдиної тенденції для студентів щодо вибору перерахованих аспектів проектно орієнтованого навчання. За винятком 2014–2015 навчального року, студенти надають перевагу слабо визначеним відкритим проблемам, що, на їхню думку, надає більше можливостей для творчої діяльності та є ближчим до задач «реального» світу.

Таблиця 5.14

Відповідні студентів стосовно типу проблем, напряму проектів та складу групи виконавців

Опис позицій	2014–2015	2015–2016	2016–2017
Відкрита та слабо визначена проблема	23,08%	81,25%	64,29%
Добре визначена проблема з відомим наперед розв'язком	76,92%	18,75%	35,71%
Проект за тематикою власної спеціальності	38,46%	43,75%	50%
Мультидисциплінарний проект	61,54%	56,25%	50%
Команда без представників інших спеціальностей	38,46%	31,25	57,14%
Команда, що містить представників інших спеціальностей	61,54%	68,75%	42,86%

У випадку типу проблем (слабоструктуровані чи добре визначені) фіксування низького рівня готовності, продемонстроване у 2014–2015 навчальному році, було враховано в процесі підготовки навчальних матеріалів щодо організації проектно орієнтованого навчання для наступних курсів шляхом проведення паралелей між реальними інженерними задачами та навчальними вправами. Як буде показано далі, у 2014–2015 навчальному році суттєво нижчим був також відсоток студентів, що пропонували власні ідеї для проекту.

Студенти у 2014–2015 та 2015–2016 навчальних роках позитивно сприйняли ідею організації мультидисциплінарних проектів з участю студентів інших спеціальностей. Водночас у 2016–2017 навчальному році готовність студентів до співпраці з представниками інших спеціальностей виявилась нижчою. Відзначено,

що відповідно до даних, наведених у таблиці 5.14, рівень упевненості цих студентів теж є нижчим від значень, що спостерігалися протягом двох попередніх років. Серед причин такого може бути хибне трактування мультидисциплінарності та особливостей співпраці з представниками інших спеціальностей. Оскільки як можливі «колеги» розглядаються, насамперед, представники фізичних, математичних і природничих спеціальностей, то спостерігається побоювання, що при роботі в команді студенти інженерної спеціальності самі повинні володіти знаннями високого рівня з указаних дисциплін.

Студентів також попросили відповісти на серію запитань щодо їхньої діяльності безпосередньо під час виконання проекту та їх сприйняття досвіду проектно орієнтованого навчання загалом.

Перше запитання було пов'язане з визначення міри участі студентів у визначенні тем проектів. Було запропоновано варіанти відповідей: респонденти мали власні ідеї щодо проблемного завдання та запропонували їх без попередніх консультацій з викладачами; респонденти потребували попередніх консультацій з викладачами; респонденти не мали власних ідей та були готові згодитися на тему, запропоновану викладачами. Отримані результати наведені в таблиці 5.15.

Також ми попросили студентів оцінити в шкалі від 1 до 5 такі положення: 1) зв'язок між проектами та курсами, які вони вивчали раніше та протягом останнього семестру; 2) зв'язок між проектами та їхньою майбутньою професійною підготовкою; 3) зворотний зв'язок між студентами та викладачами під час презентації проектів.

Таблиця 5.15

Участь студентів у формулюванні теми проблемного завдання

Опис позиції	2014–2015	2015–2016	2016–2017
Готовність працювати над запропонованим завданням	46,15%	43,75%	35,71%
Потреба в попередній консультації	46,15%	31,25%	42,86%
Запропонована власна ідея	7,69%	25,00%	21,43%

Отримані відповіді на перші два запитання були подібними (див. таблицю 5.16). Водночас значення зворотного зв'язку у 2016–2017 було нижчим, що, на нашу думку, відображає внутрішню атмосферу в студентській групі загалом.

Таблиця 5.16

Оцінювання студентами різних аспектів проекту

Опис позицій	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	Середнє значення	Стандартне відхилення
Зв'язок між проектами та навчальними дисциплінами	4,15	4,13	4,07	4,12	0,04
Важливість виконаного проекту для їхньої подальшої професійної підготовки	4,23	4,25	4,21	4,23	0,02
Зворотний зв'язок між студентами групи та викладачами	4,15	4,19	3,85	4,06	0,19

Студенти відповіли також на запитання, якому з видів навчальної діяльності вони надали б перевагу в майбутньому: традиційному «аудиторному» навчанню чи проектно орієнтованій діяльності. Від 75 % до 84 % студентів зазначили, що надали б перевагу проектам. Отримані результати в розрізі років наведено на рис. 5.11.

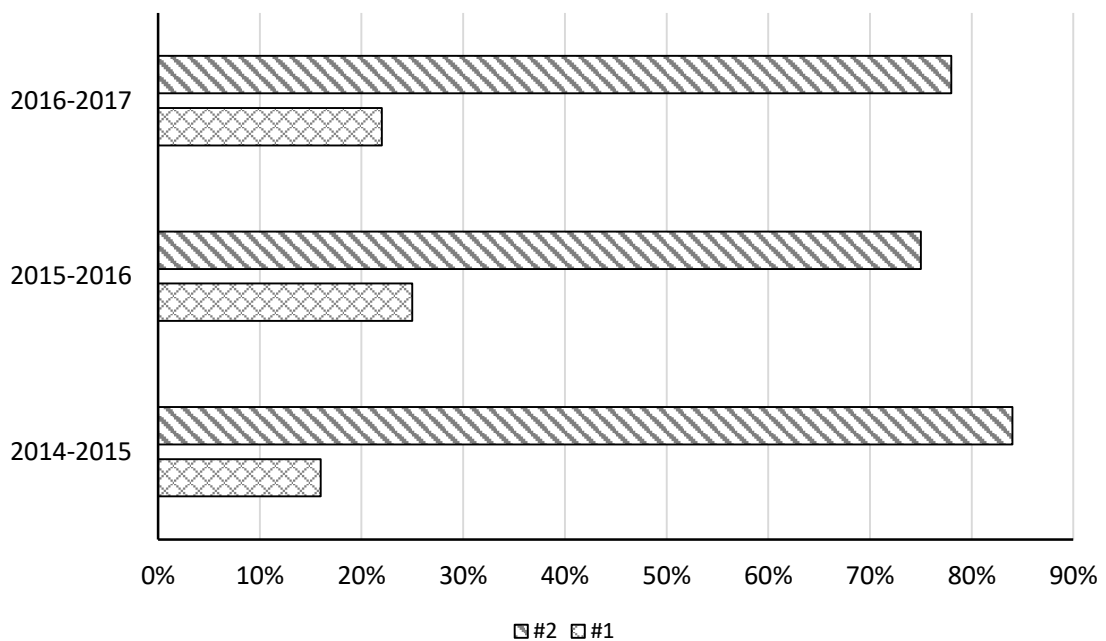


Рис. 5.11. Відповіді студентів щодо подальшого впровадження проблемно орієнтованого навчання

На завершення опитування студентів попросили відповісти на групу із семи запитань, розроблених з використанням шкали Лайкерта. Ці запитання були спрямовані на визначення того, як студенти оцінюють проблемно орієнтоване навчання та багатогранність навчальної проектної діяльності. П'ятиточкова шкала Лайкерта була такою: 1 – цілком незгодний, 2 – незгодний, 3 – не визначився, 4 – згодний, 5 – повністю згодний.

Перелік запитань та отримані відповіді в розрізі років наведені в таблиці 5.17. Відповіді студентів показують позитивне сприйняття ролі проектно орієнтованого навчання у підготовці до застосування набутих знань у практичних ситуаціях та в підготовці до «реальних» проектів. Розвиток навичок роботи з інженерними даними також отримав високу оцінку.

Таблиця 5.17

Сприйняття студентами власного досвіду проблемно/проектно орієнтованого навчання (ПОН)

Опис позицій	2014– 2015	2015– 2016	2016– 2017	Середнє значення	Стандартне відхилення
ПОН готує студентів до вирішення інженерних проблем на відповідному рівні	4,00	4,44	4,21	4,22	0,22
ПОН готує студентів до застосування засвоєних знань у практичних ситуаціях	4,69	4,38	4,36	4,48	0,19
ПОН покращує розуміння предметної сфери та розуміння обраної професії	4,23	4,13	4,07	4,14	0,08
ПОН готує студентів до роботи в «реальних» обставинах	4,31	4,44	4,43	4,39	0,07
ПОН розвиває навички роботи з інженерними даними різних типів	4,38	4,63	4,07	4,36	0,28
ПОН готує студентів до роботи в команді	3,92	3,75	4,00	3,89	0,13
ПОН допомагає сформувати усвідомлення відповідальності за наслідки власної інженерної діяльності	3,85	3,50	4,00	3,78	0,26

Представлений приклад розробки курсу з проектного менеджменту включає ідентифікацію програмових результатів навчання, педагогічних підходів та методик оцінювання навчальних досягнень студентів. Зрозуміла система програмових результатів навчання є універсальним інструментом для викладачів та студентів. Сприйняття студентами широкого спектру інженерних компетентностей, що є критично важливими для їхньої подальшої професійної діяльності, зростає, оскільки студенти отримують можливість зрозуміти, як ці компетентності можуть бути використані ними на практиці.

Відхід від традиційної навчально-дисциплінарної парадигми визначення програмових результатів та оцінювання викликав певні труднощі, принаймні на початкових етапах. Деякі університети пропонують спеціальні тренінги для викладацького колективу, під час яких розглядаються теоретичні засади та практичні аспекти впровадження проектно орієнтованого навчання (Macho-Stadler & Elejalde-Garcia, 2013). На нашу думку, такий досвід є надзвичайно позитивним та вартим того, щоб запропонувати подібні курси викладачам українських ЗВО.

Адаптація методів навчання та викладання до вимог проектно орієнтованого навчання також становила значні труднощі для викладачів та для студентів спеціальності АКІТ у зв'язку з тим, що змінилися їхні традиційні ролі в освітньому процесі. Формування дружнього освітнього середовища, в якому викладачі діють радше як консультанти, ніж експерти, є важливим аспектом проектно орієнтованого навчання, що лише починає розвиватися в рамках української системи вищої освіти (Kloppenborg & Baucus, 2004). Незважаючи на побоювання, пов'язані з втратою «контролю» над освітнім процесом, використання чіткої та зрозумілої системи вимог до студентських проектів та проведення консультацій з інструкторами груп допомогло студентами адаптуватися до нових умов, у яких істотно зросла їхня відповідальність за власний процес навчання.

Студенти позитивно сприйняли процедуру оцінювання, за якої їхні підсумкові оцінки залежали від усіх аспектів роботи над проектом. Слід визнати, що підготовка проектів у визначені терміни, підготовка проміжних звітів та ведення щоденників були найтипівішими проблемами для студентів. Ми

відзначили, що певна затримка з надсиланням звітних матеріалів мала місце, коли, на думку студентів, отримані результати здавалися їм недостатньо якісними, що вказує на страх втратити певні бали за цю роботу. Крім того, частина студентів указувала, що проектно і проблемно орієнтоване навчання є методом, який потребує більше затрат навчального часу та часу, що припадає на самостійну роботу. Слід відзначити також, що для студентів, у яких не було попереднього досвіду роботи над проблемними завданнями, певні труднощі викликало усвідомлене сприйняття ідеї відсутності єдиної «коректної» відповіді на завдання проекту. Інструктори мають бути готовими до таких ситуацій, намагаючись зрозуміти, що спричиняє труднощі при виконанні проекту. Очевидно, що діяльність інструкторів також потребує ретельного планування, оскільки включає необхідність відстежувати студентські проекти, одночасно контролюючи управлінські, інженерні та педагогічні аспекти.

Водночас важливим є спостереження, що відповідно думки студентів їхня здатність до самоспрямованого навчання відчутно покращилася, що відповідає результатам дослідження Р. Стюарта (2007). Здатність до застосування знань у практичних ситуаціях та роботі з інформацією також покращилися за результатами впровадження проблемно орієнтованого навчання. Низка дослідників відзначає зв'язок між проблемно орієнтованим навчанням та покращенням згаданих якостей (Duch, Groh, & Allen, 2001).

Також було виявлено, що використання проектно орієнтованого підходу дає можливість підготувати студентів до написання випускних робіт у доволі стислий проміжок часу. Хоча студенти вказували, що попередньо вони відчували труднощі з управлінням власним часом та при роботі з інформацією, то відповідно до опитування їхня впевненість у власних силах зросла після завершення навчального курсу на основі проектно орієнтованого навчання. Майже дві третини студентів готові до навчання, організованого на засадах проектно орієнтованого і проблемно орієнтованого навчання, що також відповідає результатам інших досліджень (Stewart, 2007; Gavin, 2011). Більшість цілей, спрямованих на покращення загальних компетентностей, була досягнута, але готовність студентів бути членами

мультидисциплінарних команд потребує більшої уваги від інструкторів. Відповідно до результатів опитування студенти розглядають проектно орієнтоване навчання як методику, що готує їх до застосування набутих знань у практичних ситуаціях, управління проектами та роботі з інженерними даними. Студенти також високо оцінили важливість проектів для їхньої подальшої професійної діяльності.

Як зазначалося вище в рамках узагальнювального педагогічного експерименту, ми аналізували зміну рівня сформованості професійної компетентності, визначаючи для контрольних і експериментальних груп рівні сформованості відповідних компонентів. Так, рівень сформованості когнітивного компонента професійної готовності для студентів визначався з урахуванням академічних досягнень студентів. Зважаючи на те, що оцінювання академічних досягнень здійснюється з використанням шкали ЄКТС (0–100), а фактичні результати (звичайно, за умов позитивного виконання завдання) перебувають у діапазоні 60–100, то для узгодження їх із обраною шкалою ми використовували коефіцієнти пропорційності.

Для студентів, які не мали попереднього досвіду проектної діяльності (групи К1 та Е1), розподіл учасників за рівнем сформованості когнітивного компонента до та після завершення формувального етапу експерименту наведено в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості когнітивного компонента професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К1) N=84				Експериментальна група (Е1), N=72			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Когнітивний	до експер.	32,14	27,38	26,19	14,29	30,56	36,11	23,61	9,72
	після експер.	27,38	26,19	29,76	16,67	20,83	30,56	33,33	15,28

Для таблиці 5.18 та всіх наступних таблиць цього розділу позначка «1» відповідає репродуктивному (низькому) рівню, «2» – реконструктивному (середньому), «3» – реконструктивно-варіативному (достатньому), «4» – творчому (високому).

Аналіз отриманих даних показує, що для когнітивного компонента професійної компетентності майбутніх інженерів спостерігається невеликий приріст для обох типів груп. У випадку експериментальної групи Е1 такий приріст є значущішим за рахунок позитивних переходів між рівнями й коливається в межах від 5,56 % до 9,72 % (за модулем). Для контрольної групи К1 приріст за рахунок позитивних переходів між рівнями змінюється від 1,19 % до 4,76 %.

У таблиці 5.19 наведено розподіл за рівнем сформованості когнітивного компонента професійної компетентності учасників контрольних та експериментальних груп (Е2 і К2), що мали попередній досвід проектної діяльності. Відповідно до наведених у таблиці даних також спостерігається приріст когнітивного компонента професійної компетентності для обох типів груп. Унаслідок позитивних переходів між рівнями для експериментальної групи Е2 приріст змінюється в межах від 2,33 % до 6,98 % (за модулем), для контрольної групи К2 – становить 1,75 %.

Таблиця 5.19

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості когнітивного компонента професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К2) N=57				Експериментальна група (Е2), N=43			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Когнітивний	до експер.	22,81	24,56	38,60	14,03	18,61	30,23	37,21	13,95
	після експер.	21,05	26,32	36,84	15,79	11,63	30,23	39,53	18,61

Зазначимо, що в низці статей спостережуваний вплив проектно орієнтованого навчання на когнітивний компонент, тобто такий, що пов'язаний з рівнем знань студентів, також є помірним (Dochy, Sefers, Vab deb Bosseche, & Gijbels, 2003). Насамперед це пояснюється тим, що поряд з проектною діяльністю, до якої долучалися студенти експериментальних груп під час написання курсових, бакалаврських і дипломних робіт, вивчення низки дисциплін циклу професійної підготовки у відповідному семестрі здійснювалося з використанням однакових (як правило, традиційних) освітніх підходів для контрольних та експериментальних груп. На нашу думку, значущіший приріст, що спостерігається для експериментальних груп, пов'язаний з опосередкованим впливом проектною діяльністю, а саме навичками роботи з інформацією й здатністю самостійно організувати власний освітній процес.

Формувальний експеримент, пов'язаний з діяльнісним критерієм рівня сформованості професійної компетентності, ґрунтувався на активізації розгалуженої системи зв'язків між попередніми знаннями студентів та ідеями, що виникали в процесі проектною діяльністю; між теоретичними концепціями та прикладними аспектами їх застосування в інженерній практиці; на урахуванні міждисциплінарної природи інженерної діяльності.

Важливим фактором було залучення студентів до вирішення проблем, що є слабоструктурованими. Вирішення проблем такого типу вимагає високої міри самостійності студентів, зокрема в частині розроблення й опису процедури вирішення проблеми і прийняття обґрунтованих інженерних рішень у випадку існування множини можливих рішень.

Одним з показників рівня сформованості діяльнісного компонента є здатність використовувати сучасне програмне забезпечення, що, зокрема, дозволяє долати відставання в частині технічного забезпечення освітньої діяльності й допомагає опосередковано оцінити, наскільки легко студенти здатні адаптуватися до змін, що є перманентними для сфери інформаційних технологій. Це виявляється в здатності самостійно знаходити та опановувати програмне забезпечення (онлайн-сервіси) для спрощення рутинних операцій, здатність працювати з оновленими версіями

програмних продуктів, здатність обирати нові програмні продукти, аналізуючи їх властивості й порівнюючи з уже відомими програмами.

Для оцінювання навичок, пов'язаних зі знаходженням та опрацюванням інформації, було здійснено опитування студентів, розробляючи структуру та запитання якого ми ґрунтувалися на методології проекту з вивчення інформаційної грамотності студентів (Head & Eisenberg, 2010). Запитання, наведені в додатках, стосувалися основних джерел інформації, якими користуються студенти, способів та критеріїв оцінювання мережевого контенту, зокрема інженерно-технічної документації й матеріалів для інших предметів, підходів й інструментів, що використовують студенти для пошуку інформації в Інтернеті, розуміння принципів цитування інформації та оформлення посилань, проблем, що виникають при пошуку інформації та її опрацюванні.

У таблицях 5.20 та 5.21 наведено розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості діяльнісного компонента професійної компетентності для контрольних та експериментальних груп студентів без попереднього досвіду проектної діяльності та з наявним досвідом відповідно. Відзначимо позитивну динаміку проектно орієнтованого навчання на розвиток усіх компонентів сформованості діяльнісного компонента.

Таблиця 5.20

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості діяльнісного компонента професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К1) N=84				Експериментальна група (Е1), N=72			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Діяльнісний	до експер.	33,34	25,00	29,76	11,90	30,56	30,56	27,77	11,11
	після експер.	27,38	25,00	32,14	15,48	16,67	30,56	36,10	16,67

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості діяльнісного компонента професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К2) N=57				Експериментальна група (Е2), N=43			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Діяльнісний	до експер.	26,32	29,82	31,58	12,28	20,93	34,88	34,88	9,31
	після експер.	22,81	31,58	31,58	14,03	11,63	37,21	34,88	16,28

У таблицях 5.22 та 5.23 наведено узагальнені дані розподілу учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості операційно-управлінського та комунікативно-особистісного компонентів професійної компетентності. Відзначимо, що показники сформованості цих компонентів для студентів з наявним досвідом проектної діяльності є вищими вже на етапі констатувального експерименту.

Таблиця 5.22

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості операційно-управлінського та комунікативно-особистісного компонентів професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К1) N=84				Експериментальна група (Е1), N=72			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Операційно-управлінський	до експер.	32,14	29,76	25,00	13,10	29,17	31,94	27,78	11,11
	після експер.	27,38	29,76	27,38	15,48	13,89	29,17	37,50	19,44
Комунікативно-особистісний	до експер.	29,76	27,38	30,95	11,91	30,55	29,17	29,17	11,11
	після експер.	23,81	26,19	33,33	16,67	13,88	30,56	37,50	18,06

Розподіл учасників контрольних та експериментальних груп (у відсотках) за рівнем сформованості операційно-управлінського та комунікативно-особистісного компонентів професійної компетентності

Критерії		Контрольна група (К2) N=57				Експериментальна група (Е2), N=43			
		Рівні сформованих якостей							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Операційно-управлінський	до експер.	28,07	31,58	29,82	10,53	25,58	32,56	32,56	9,30
	після експер.	24,56	29,83	33,33	12,28	11,63	32,55	37,21	18,61
Комунікативно-особистісний	до експер.	35,09	24,56	29,82	10,53	25,58	34,89	30,23	9,30
	після експер.	29,82	28,07	29,82	12,29	13,94	34,89	34,89	16,28

Важливим завданням формувального експерименту в контексті підвищення рівня сформованості організаційно-управлінського компонента було забезпечення умов, за яких студенти долучалися до всіх аспектів організаційно-управлінської діяльності, а саме виконання проектного завдання в умовах командної роботи, виконання завдань планування проектної діяльності з урахуванням, наприклад, потреб «замовників» до технічної складової проекту, ресурсних обмежень, управлінських аспектів.

Під час оцінювання рівня сформованості аналізувалися результати виконання студентами проектів (зокрема, з використання рубрик, наведених у розділі 4), а для визначення рівня сформованості навичок командної роботи використовувалися опитування студентів (Shinde, 2014). Приклад запитань наведено в додатку Ж.

Під час формувального експерименту увага зверталася також на такі складові комунікативно-особистісного компонент, як комунікаційні навички й здатність до самоспрямованого навчання. При визначенні рівня сформованості здатності до

самоспрямованого навчання ми ґрунтувалися на методиці, введеної Л. Гульєльміно (Guglielmino, 1977; Williamson, 2007), поєднуючи її з анкетуванням студентів. Для операційно-управлінського критерію професійної компетентності за результатами експерименту спостерігається коливання позитивної динаміки рівнів у межах від 2,78 % до 15,28 % для групи E1 і від 4,65 % до 13,95 % для групи E2. Для контрольної групи K1 спостерігається позитивна динаміка в межах від 2,38 % до 4,76 % та для контрольної групи K2 – від 1,75 % до 5,51 %.

Зазначимо, що позитивний вплив проектно орієнтованого навчання на формування навичок самоспрямованого навчання і управління відзначається в низці праць (Stewart, 2007; Gavin, 2011; Gao, 2012).

На рис. 5.12 наведено динаміку зміни рівнів сформованості професійної компетентності майбутніх інженерів за всіма компонентами в порівнянні для груп K1 та E1, а на рис. 5.13 – аналогічну динаміку для груп K2 та E2 відповідно. Розрахунки значень, на основі яких побудовано графіки, здійснювалися за формулами (5.5) і (5.6). У таблиці 5.24 представлено узагальнені результати контролю рівнів сформованості до та після експерименту.

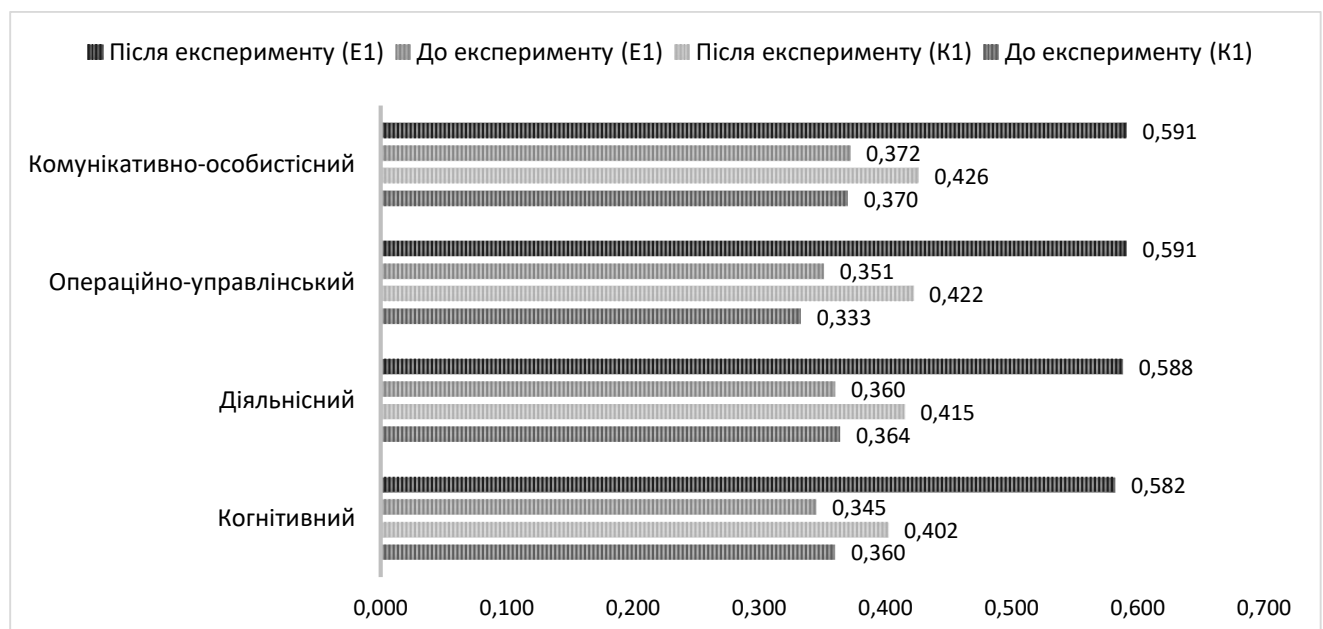


Рис. 5.12. Динаміка змін рівнів сформованості професійної компетентності для контрольної групи (K1) та експериментальної групи (E1) до та після експериментального дослідження

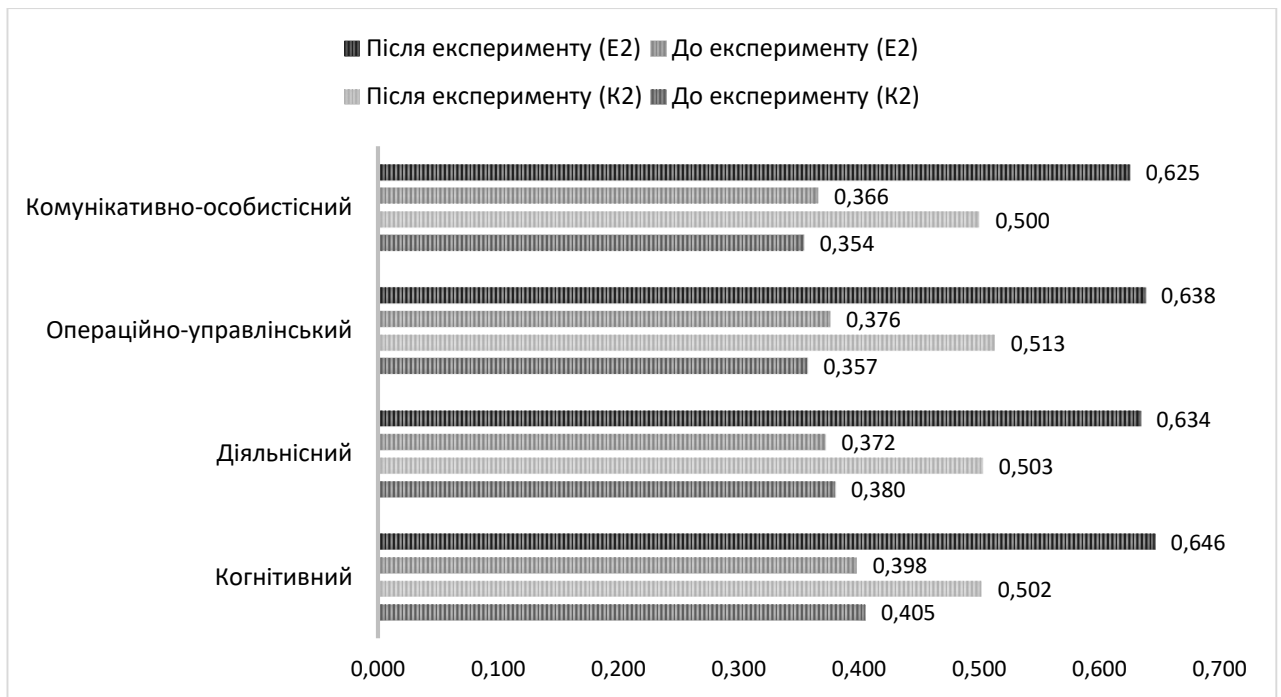


Рис. 5.13. Динаміка змін рівнів сформованості професійної компетентності для контрольної групи (K2) та експериментальної групи (E2) до та після експериментального дослідження

Таблиця 5.24

Узагальнені результати контролю рівнів сформованості професійної компетентності для контрольних і експериментальних груп до та після експерименту

Компоненти	Контрольні та експериментальні групи							
	K1		E1		K2		E2	
	до експер.	після експер.	до експер.	після експер.	до експер.	після експер.	до експер.	після експер.
Когнітивний	0,360	0,402	0,345	0,582	0,405	0,502	0,398	0,646
Діяльнісний	0,364	0,415	0,360	0,588	0,380	0,503	0,372	0,634
Операційно-управлінський	0,333	0,422	0,351	0,591	0,357	0,513	0,376	0,638
Комунікативно-особистісний	0,370	0,426	0,372	0,591	0,354	0,500	0,366	0,625

Розраховане за формулою (5.5) значення загального рівня сформованості професійної компетентності для контрольної групи K1 змінюється з 0,357 до 0,416, для групи E1 – з 0,357 до 0,588; для групи K2 – з 0,374 до 0,505, для групи E2 – з 0,378 до 0,636. Для отриманих даних виконаємо перевірку альтернативної гіпотези

(H_1) про ефективність системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання шляхом порівняння двох середніх нормальних генеральних сукупностей, дисперсії яких невідомі (Гмурман, 1975; Руденко, 2012). Для цього потрібно розрахувати значення критерію $T_{\text{спост}}$:

$$T_{\text{спост}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (5.7)$$

Отримане значення $T_{\text{спост}}$ порівнюється з теоретичним значенням критичної точки $T_{\text{кр}}(\alpha; k)$ для заданого рівня значущості, що визначається за таблицею критичних точок розподілу Стюдента для кількості ступенів свободи $k = n_1 + n_2 - 2$. Для груп E1 і K2 $k = 84 + 72 - 2 = 154$, а для груп E2 і K2 $k = 57 + 43 - 2 = 98$. Табличні значення для рівнів значущості 0,05 і 0,01 становлять: $T_{\text{кр}}(0,05; \infty) = 1,96$ і $T_{\text{кр}}(0,01; \infty) = 2,58$. У таблицях 5.25 та 5.26 наведено дані про середній бал студентів (за всіма критеріями професійної компетентності), що використовувалися для розрахунків спостережуваних значень критерію $T_{\text{спост}}$. Для даних, наведених у таблиці 5.25 спостережуване значення становить $T_{\text{спост}1} = 4,83$, а для даних, наведених у таблиці 5.26, - $T_{\text{спост}2} = 3,05$.

Таблиця 5.25

**Вхідні дані для перевірки альтернативної гіпотези
для експериментальної групи (E1) та контрольної групи (K1)**

Група	Середнє значення, \bar{x}_j	Кількість студентів, n_j	Сума квадратів відхилень $\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$
K1	41,64	84	41534,12
E1	58,82	72	33913,93
			75448,05

Таблиця 5.26

**Вхідні дані для перевірки альтернативної гіпотези
для експериментальної групи (E2) та контрольної групи (K2)**

Група	Середнє значення, \bar{x}_j	Кількість студентів, n_j	Сума квадратів відхилень $\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$
K2	50,58	57	23816,72
E2	63,56	43	19787,43
			43604,15

Оскільки в обох випадках спостережувані значення критерію більші від критичного, то альтернативна гіпотеза підтверджується. Таким чином, рівень сформованості професійної компетентності для експериментальних груп є вищим і впроваджену систему можна вважати дієвою.

Після завершення формувального етапу було також виконано перевірку нульової гіпотези (H_0) про те, що не існує різниці між розподілом студентів, що належать до експериментальних груп, за рівнем сформованості професійної компетентності до та після завершення експерименту.

Перевірка виконувалася з використанням критерію Пірсона χ^2 (Гмурман, 1975). Спостережуване значення критерію розраховувалося за формулою:

$$\chi_{\text{спост.}}^2 = \sum \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} \quad (5.8)$$

де n_i – емпіричні частоти, n'_i – частоти теоретичного розподілу, які розраховуються як середнє арифметичне для значень з певного ряду.

Для оцінювання міри відмінності двох вибірок $\chi_{\text{спост.}}^2$ порівнюється з табличним значенням критерію Пірсона $\chi_{\text{табл.}}^2(\alpha; k)$, де α – рівень значущості, k – кількість ступенів вільності, яке для нашого випадку дорівнює 3 ($k = (4 - 1)(2 - 1)$), де 4 – кількість критеріїв, 2 – кількість вибірок), $\chi_{\text{табл.}}^2(0,05; 3) = 7,8$.

У таблицях 5.27 та 5.28 наведено емпіричні й теоретичні частоти критерію Пірсона для експериментальних груп Е1 та Е2 відповідно. Для експериментальної групи Е1 $\chi_{\text{спост.}}^2 = 9,23$, що більше від табличного значення $\chi_{\text{табл.}}^2(0,05; 3) = 7,8$. Для експериментальної групи Е2 розраховане значення становить $\chi_{\text{табл.}}^2(0,05; 3) = 8,339$, що також більше від табличного.

Таблиця 5.27

**Емпіричні й теоретичні частоти критерію Пірсона
для експериментальної групи Е1**

Рівні сформованості	Емпіричні частоти		Теоретичні частоти
	До експерименту	Після експерименту	
1	23	10	16,5
2	24	21	22,5
3	17	27	22
4	8	14	11

**Емпіричні й теоретичні частоти критерію Пірсона
для експериментальної групи Е2**

Рівні сформованості	Емпіричні частоти		Теоретичні частоти
	До експерименту	Після експерименту	
1	11	4	7,5
2	15	10	12,5
3	13	18	15,5
4	4	11	7,5

Таким чином, отримані значення критерію Пірсона дозволяють обґрунтовано стверджувати, що спостерігаються значущі відмінності між емпіричними розподілами учасників експериментальних груп за рівнем сформованості професійної компетентності до та після завершення експерименту.

5.4. Прогностичне обґрунтування професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання

Інженерна діяльність, а відповідно, й система професійної підготовки майбутніх інженерів особливо тісно пов'язана із суспільними реаліями і науково-технічними досягненнями, діючи водночас і як важливий чинник соціальних і технологічних змін, і перебуваючи під їх впливом у результаті зворотного зв'язку. До ключових для підготовки інженерів факторів слід також віднести трансформаційні процеси в освітньої галузі, зумовлені актуальними теоретичними та прикладними дослідженнями усфері психології та педагогіки.

Наголосимо, що нині темпи соціальних та технологічних змін є настільки інтенсивними, що сучасні університети фактично готують випускників до зайнятості в професіях чи навіть галузях, яких ще просто не існує. Така ситуація підкреслює важливість випереджувального характеру освіти, що надає серйозної ваги дослідженням у сфері прогнозування характеристик та тенденцій провадження освітньої діяльності та чинників впливу на неї. Насамперед це

пов'язано з варіативністю сучасної освіти, що трактується як постійне оновлення форм, методів і змісту навчання (Комарова, 2011).

У Філософському словнику наведено таке визначення: «Прогнозування – аналіз та наукове передбачення майбутніх станів і тенденцій розвитку соціальних чи природних явищ, обґрунтована інформація про якісні й кількісні характеристики процесів, що передбачаються» (Шинкарук, 2002). Розроблення прогнозу – це спеціальне наукове дослідження, метою якого є розроблення комплексу заходів, за допомогою яких можна буде впливати на ті чи інші явища, спрямовуючи їх у бажаному напрямі. Серед методів і процедур прогнозування виділяють три основні групи (Агарков, та ін., 2015): загальнонаукові (аналіз, синтез, екстраполяція, інтерполяція, індукція, дедукція, мислений експеримент та обчислювальні випробування на комп'ютерній основі тощо); міжнаукові (індуктивний метод, мозковий штурм, метод Дельфі); спеціалізовані (прогнози зриву лавин, тестування тощо).

Як зазначає В. Ковальчук, прогнозування в освіті є частиною соціального прогнозування. До напрямів прогнозування в освіті належать дослідження актуальних проблем, для чого використовується метод екстраполяції спостережуваних тенденцій і закономірностей, та пошук шляхів вирішення проблем через осмислення опрацьованої інформації. Дослідник наводить ключові принципи, дотримання яких є важливим елементом теорії прогнозування (Ковальчук, 2016, с. 116):

- варіативність прогнозування – потреба в розробленні різних варіантів прогнозу, що визначаються особливостями робочої гіпотези, мети і факторів впливу;
- верифікованість – потреба в розробленні критеріїв достовірності, точності й обґрунтованості прогнозів;
- неперервність – потреба в коригуванні прогнозів при надходженні нових даних;
- рентабельність прогнозування – економічний ефект від упровадження результатів прогнозу має перевищувати затрати на його розроблення;

- системність – потреба у взаємозв'язку й підпорядкованості прогнозів і факторів впливу та їх елементів з урахуванням зворотних зв'язків;
- узгодженість прогнозування – узгодження нормативних і пошукових прогнозів різних типів.

Проаналізуємо спочатку особливості наукового і технологічного прогресу, що розробники CDIO-підходу зараховують до основних стимулювальних факторів для системи підготовки інженерів (Crawley, Malmqvist, Ostlund, Brodeur, & Edstrom, 2014). Слід відразу наголосити, що нині практично неможливо розмежувати соціальні та науково-технічні впливи.

Як показано в розділі 1.1, на кінець XX ст. у житті людства відбулося три промислові революції. Перша з них була пов'язана з упровадженням у масове використання енергії пари та води для механізації виробництва, друга – з інтенсивним використанням електричної енергії та нарощенням масовості виробництва, третя, що розпочалася в 1969 році й отримала назву інформаційної, – з поширенням комп'ютерів, комп'ютерно-інтегрованих систем, інформаційних технологій (Тоффлер, 2000; Андрущенко, 2016; Іляшенко & Іляшенко, 2016).

У 2011 році на промисловій виставці-ярмарку в місті Ганновер (Німеччина) було проголошено заснування «Індустрії 4.0», що трактувалася як наступний етап цифрової трансформації виробничих підприємств, що супроводжується прискореним упровадженням сучасних технологій та створює умови для зміни бізнес-моделей та прискорення інноваційного розвитку (Індустрія 4.0, 2018). За декілька років потому до озвученої ініціативи долучилися декілька тисяч компаній, що об'єдналися навколо напрямів досліджень, інновацій і навчання у сфері виробничих технологій. У січні 2016 року концепція «Індустрії 4.0» стала однією з основних тем 46-го Міжнародного економічного форуму в Давосі. Цього ж року було опубліковано працю швейцарського економіста, засновника Всесвітнього економічного форуму Клауса Шваба під назвою «The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond» («Четверта промислова революція: що це означає і як реагувати»), у якій він розповідає про технологічні зміни, що очікують на людство найближчим часом (Шарвара, 2017).

На рівні технічного пояснення сутність «Індустрії 4.0» полягає в тому, що всі фізичні об'єкти будуть певним чином підключені до єдиної світової мережі – Індустріального інтернету (Інтернету речей на промисловому рівні) з метою обміну інформацією між ними без безпосереднього залучення до цього людини (Скіцько, 2016, с. 34). Характерними ознаками «Індустрії 4.0» є злиття технологій і стирання меж між фізичними, цифровими і біологічними сферами. Термін «*четверта промислова революція*» є ширшим і тлумачиться в контексті змін, що породжуються новими технологіями у всіх сферах людського життя, а не тільки у виробництві.

У своїй праці К. Шваб акцентує увагу на глобальних аспектах дигіталізації (Індустрія 4.0, 2017), які він трактує як основу для позитивних змін:

- експоненціальне (нелінійне) зростання швидкості, обсягів та впливу інновацій, що дозволить зробити виробництво ефективнішим, продуктивнішим та менш затратним;
- зростання обсягу даних та можливостей їх використання для нових технологій, що дозволяє залучати різні верстви виробників, користувачів та клієнтів;
- зростання можливостей та сфери застосування штучного інтелекту.

До основних наслідків четвертої промислової революції К. Шваб відносить (Шарвара, 2017, с. 156):

- зміну очікувань споживачів;
- удосконалення якості продукції за рахунок даних, що підвищують продуктивність активів;
- формування нових форм партнерства разом з усвідомленням компаніями важливості нових форм співробітництва;
- трансформування операційних моделей у нові цифрові моделі.

Зупинімося коротко на основних об'єктах та процесах, що становлять основу «Індустрії 4.0» (Скіцько, 2016; Індустрія 4.0, 2018):

1. Великі дані та їх аналіз (Big Data and Analytics) – процес оперативного аналізу великих обсягів динамічних даних різних типів та ступеня впорядкування (структурованих і неструктурованих).

2. Автономні роботи (Autonomous Robots) – складові кіберфізичних систем, що можуть самостійно виконувати окреслені завдання.

3. Моделювання (Simulation) – використання віртуальних моделей на всіх етапах промислового виробництва – від задуму до отримання на виході готових об'єктів.

4. Горизонтальна та вертикальна системи інтеграції (Horizontal and Vertical System Integration) – створення єдиного інформаційного простору та розширення можливостей доступу до інформації всіх об'єктів, підключених до Інтернету речей.

5. Промисловий Інтернет речей (The Industrial Internet of Things) – об'єднана екосистема розумних машин, цифрових систем та людей, тобто всіх компонентів виробництва у єдину мережу обміну інформацією в режимі реального часу. Промисловий Інтернет речей орієнтований на задоволення виробничих потреб, тоді як Інтернет речей (Internet of Things) – на всіх користувачів.

6. Кібербезпека (Cybersecurity) – програмні, технологічні й організаційні заходи, спрямовані на захист інформації в мережі.

7. Хмарні обчислення (Cloud Computing) – інтернет клієнт-серверна архітектура, де програми та сервіси мають свій хостинг і надаються через Інтернет, що дозволяє зберігати та обробляти великі обсяги різних видів даних із забезпеченням швидкого доступу до них.

8. Адитивне виробництво (Additive Manufacturing) – поширення технологій 3D-моделювання і 3D-друку як основи процесів виготовлення об'єктів різної природи (неорганічних і органічних).

9. Віртуальна реальність (Virtual reality) – уявна реальність, створена за допомогою комп'ютерного моделювання, що забезпечує візуальні й звукові ефекти в штучному 3D-світі.

10. Доповнена реальність (Augmented Reality) – модель інтеграції віртуальних і реальних даних, що дозволяє порівняти задані дані та стан об'єкта.

Поширення наведених вище об'єктів, систем та принципів організації виробництва неминуче спричинить зміни на ринку праці, адже на перший план вийдуть навички, пов'язані зі здатністю адаптуватися до швидкозмінних умов праці, її організації і змісту. Складовими такої здатності є (Шарвара, 2017): зростання ролі креативності та інноваційності мислення у технологічній сфері та збільшення попиту на висококваліфікованих представників традиційних професій унаслідок автоматизації чи повної роботизації робіт, що зараз виконуються некваліфікованими працівниками.

На нашу думку, глобальні тенденції четвертої промислової революції, не змінюючи загальної мети освіти, яку коротко можна сформулювати як підготовку кваліфікованого фахівця й усебічно розвиненої особистості, здатної до гармонійного співіснування в соціумі та в природі, є серйозним чинником для перевизначення цілей освітньої діяльності щодо підготовки майбутніх інженерів. Мова йде про ідентифікацію якостей, якими має бути наділений інженер середини XXI століття. Таке завдання є одним з актуальних напрямів діяльності дослідницьких груп, що включають представників різних країн світу. Серед проектів Erasmus+, що працюють над прогностичними дослідженнями у сфері розроблення компетентнісного профілю інженера XXI століття, наведемо, як приклад, проект «A-STEP 2030 – Attracting diverSe Talent to the Engineering Profession of 2030», до виконання якого долучені дослідники з Франції, Ірландії, Данії, Фінляндії та Бельгії. Основним завданням проекту є розвиток нових інноваційних технологій навчання, релевантних до цінностей осіб, які навчаються, та ефективних у сенсі формування навичок і компетентностей, потрібних для майбутнього сталого розвитку.

У 2018 році співробітниками Глобального інституту Маккензі було представлено звіт «Skill Shift: Automation and The Future of The Workforce» («Зміна навичок: автоматизація та майбутнє робочої сили»), повний текст якого представлено на сайті Світового економічного форуму (McKinsey Global Institute, 2018). Наведені у звіті матеріали підтверджують передбачення К. Шваба стосовно зростання ролі розвинутих когнітивних і метакогнітивних якостей (знання,

критичне мислення, комплексна обробка інформації тощо), соціальних та емоційних якостей (емпатія, здатність постійно навчатися, вміння спілкуватися та вести переговори) та технологічних (ІТ, аналіз даних, інженерія та дослідження), які, як вважається, будуть найбільш високооплачуваними.

Таким чином, на загальнодержавному рівні має здійснюватися:

- постійний моніторинг інноваційних тенденцій в інженерній сфері, розроблення та впровадження програм підтримки інженерних і ІТ-спеціальностей як пріоритетних для української економіки ХХІ століття;

- збільшення обсягів фінансування теоретичних та прикладних досліджень у сфері освіти загалом та модернізації освітніх програм підготовки майбутніх інженерів зокрема;

- підтримка взаємодії ЗВО та стейкхолдерів шляхом розширення автономії ЗВО у виборі змісту й технологій навчання;

- створення умов для обміну передовим педагогічним досвідом у сфері використання інноваційних технологій і засобів освітньої діяльності шляхом підтримки академічної мобільності викладачів і студентів.

На рівні закладів вищої освіти вплив четвертої промислової революції пов'язаний з оновленням і оптимізацією змісту інженерної підготовки, оскільки майбутні інженери повинні знати та вміти використовувати вже доступні інновації на практиці і володіти знаннями, необхідними для розроблення нових чи вдосконалення існуючих об'єктів, процесів та систем. Це означає, що освітні програми підготовки майбутніх інженерів потребуватимуть виділення інваріантної частини, що включатиме знання з фундаментальних й інженерних дисциплін, та динамічної варіативної частини, що постійно оновлюватиметься. Така діяльність можлива лише за умови постійного моніторингу освітніх програм, зокрема і шляхом постійної співпраці ЗВО з провідними виробництвами галузі, професійними об'єднаннями тощо.

У контексті оновлення освітніх програм має істотно інтенсифікуватися інтеграція «чистих» інженерних спеціальностей (наприклад, галузеве й енергетичне машинобудування, теплоенергетика, гідроенергетика тощо) та ІТ-

спеціальностей. Така інтеграція відповідає ідеї промислового Інтернету речей, адже кіберфізичні системи, про які згадувалося вище, і є поєднанням інженерної та комп'ютерно-інформаційної складових. У контексті впровадження проектно орієнтованого навчання наголосимо, що шляхами такої інтеграції можуть бути:

- міждисциплінарні проекти для студентів різних спеціальностей під спільним керівництвом викладачів різних спеціальностей;
- організація роботи студентів у групах з дотриманням сучасних практик організації проектної діяльності на засадах ітераційних гнучких підходів;
- упровадження у практику освітньої діяльності передового програмного забезпечення та, що звичайно значно складніше у сенсі матеріальних затрат, технічного оснащення;
- використання віртуальних лабораторій та лабораторій з дистанційним доступом, цифрових платформ для проектування інженерних розробок та управління проектами для подолання відставання за рівнем матеріально-технічного оснащення;
- інтенсифікація використання англійської мови у процесі підготовки студентів інженерних спеціальностей для роботи з найсучаснішим програмним забезпеченням, миттєвого ознайомлення з новинками у професійній сфері, підготовки студентів до участі в міжнародних конференціях і конкурсах, участі в міжнародних студентських проектах, програмах мобільності тощо.

Як зазначалося вище, дотримання таких умов неможливе без цілеспрямованої діяльності МОН України та ЗВО щодо долучення українських викладачів до інноваційних технологій шляхом підтримки викладацької мобільності, стажування в провідних інженерних українських та зарубіжних компаніях тощо.

Вплив інноваційних тенденцій на форми, методи й засоби має виражатися й у відкритості системи освіти до ідей і потреб студентів. Для проектно орієнтованого навчання це означає, що добір тематики проектів може і має здійснюватися з урахуванням того, наскільки цікавими такі розробки можуть бути для венчурних («старт-ап») компаній, які здійснюють пошук «ідей» і готові хоч

частково фінансувати таку діяльність. Особливо це важливо на тлі того, що непоодинокую є ситуація, коли студенти не можуть узяти участі у цікавому для них заході, оскільки не мають жодних власних наробок, а типові освітні програми підготовки майбутніх інженерів передбачають роботу над бакалаврським дослідженням лише на останньому році навчання. Така ситуація фактично виключає студентів з числа потенційних учасників. Додатковою умовою є надання доступу для студентів до робочого простору зі спеціальним оснащенням (хабу) для роботи над проектами, що можуть бути презентовані на студентських конкурсах як в Україні, так і закордоном. Для цього важливо, починаючи з перших же проектів, стимулювати в студентів навички презентації отриманих результатів у письмовій та усній формах, залучати їх до участі в студентських конференціях, семінарах тощо.

Створення атмосфери співпраці можливе лише за умови дотримання принципів гуманістичної спрямованості в освітньому процесі, розвитку в студентів почуття відповідальності за власне навчання та професійну діяльність у подальшому. Важливим фактором є перетворення освітнього простору на «територію», перебуваючи на якій студенти не боятимуться діяти методом «спроб і помилок», що є принциповим для розвитку креативності та інноваційності мислення, а також уміння бути відповідальним за власні дії.

Висновки до розділу 5

Завданням експериментального дослідження була комплексна перевірка ефективності впровадження в освітню практику системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Здійснене дослідження передбачало визначення кількісних і якісних показників, аналіз і опрацювання яких дозволили дійти таких висновків.

За результатами дослідження було констатовано, що викладачі інженерних спеціальностей високо оцінюють вплив проектно орієнтованого навчання на

здатність студентів працювати з інформацією – 4,44 (середнє значення за п'ятибальною шкалою Лайкерта), розвиток комунікативних навичок – 4,39 та підготовку студентів до застосування знань у практичних ситуаціях – 4,28. Визначено, що більшість викладачів стверджує, що використання проектно орієнтованого навчання в освітній практиці на постійних засадах потребує значно більшого часу (зокрема, на етапі розроблення відповідних складових для освітніх компонентів) порівняно з традиційними методами. Однак 75 % учасників дослідження готові обирати відкриті та слабоструктуровані проблеми для проектних завдань, 69 % готові до участі студентів їхньої спеціальності в мультидисциплінарних проектах, а 56 % готові керувати групою студентів різних спеціальностей.

Опитування студентів інженерних спеціальностей показало, що 64,3 % готові долучитися до проектної діяльності, а 23,2 % вважають таку діяльність можливою. 66,1 % студентів цікавлять практичні задачі, розв'язок яких ще не виконувався, і більше половини респондентів, а саме, 57,1 % готові працювати за мультидисциплінарною тематикою. На противагу позитивним результатам, що свідчать про готовність студентів долучитися до проектної діяльності, за результатами констатувального етапу дослідження встановлено, що високий і достатній рівні сформованості операційно-управлінського критерію, пов'язаного з навичками провадження проектної діяльності, мають лише близько 39 % студентів контрольних і експериментальних груп.

Отримані на констатувальному етапі середні значення загального рівня сформованості професійної компетентності за когнітивним, діяльнісним, операційно-управлінським і комунікативно-особистісним показниками становлять 0,357 для контрольної групи К1 і 0,357 для експериментальної групи Е1, до складу яких належали студенти без попереднього досвіду проектної діяльності та 0,374 для контрольної групи К2 і 0,378 для експериментальної групи Е2.

За результатами формувального етапу було встановлено, що середні значення загального рівня сформованості професійної компетентності змінюються для групи К1 до 0,416, для групи Е1 – до 0,588; для групи К2 – до 0,505, для групи

Е2 –до 0,636. Приріст для експериментальних груп становить +0,231 для студентів експериментальної групи, Е1 і +0,258 для експериментальної групи Е2, тоді як для контрольних груп, що не зазнавали формувальних впливів, такий приріст становить +0,059 і +0,131. Для кількісного оцінювання результатів експериментального дослідження використовувалися методи математичної статистики. Для студентів експериментальних груп з використанням критерію Пірсона було показано, що емпіричні розподіли коефіцієнта сформованості професійної компетентності до та після експериментального дослідження відрізняються на рівні значущості 0,05. Для експериментальної групи Е1 $\chi^2_{\text{спост.}} = 9,23$, що більше від табличного значення $\chi^2_{\text{табл.}}(0,05; 3) = 7,8$. Для експериментальної групи Е2 розраховане значення становить $\chi^2_{\text{табл.}}(0,05; 3) = 8,339$, що також більше від табличного. Значущість різниці між середніми балами для учасників контрольних та експериментальних груп було перевірено з використанням критерію Стюдента. Отримані результати підтверджують якісні значущі зрушення серед учасників експериментальних груп.

Результати експериментального дослідження ефективності системи професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання підтверджують, що впровадження проектно орієнтованого навчання для широкого спектру дисциплін та видів освітньої діяльності є дієвим підходом для розвитку операційно-управлінських, діяльнісних, комунікативно-особистісних та когнітивних компонентів професійної компетентності. Спостерігається позитивний вплив проектно орієнтованого навчання на розвиток загальних компетентностей, а саме здатності до самоспрямованого навчання, здатності застосовувати знання в практичних ситуаціях, працювати в команді та управляти проектною діяльністю.

Дослідження впливу проектно орієнтованого навчання на розвиток професійних та загальних компетентностей студентів інженерних спеціальностей передбачало розроблення програмових результатів навчання, вимог до проблем та проектів, підходів до навчання та оцінювання досягнень студентів за різними видами діяльності. Слід зазначити, що розвинута система консультацій та тренінгів, розроблення навчально-методичних матеріалів для підтримки на всіх

етапах освітнього процесу розглядаються як обов'язкова передумова ефективного впровадження проектно орієнтованого навчання. Така діяльність має здійснюватися з урахуванням зворотного зв'язку між викладачами та студентами. За результатами дослідження студенти інженерних спеціальностей демонстрували позитивне сприйняття досвіду проектно орієнтованого навчання, включаючи різні його аспекти, методи оцінювання, роботу в команді, зв'язок між проектами та їхньою подальшою професійною діяльністю.

Незважаючи на той факт, що проектно орієнтоване навчання впроваджувалося і для студентів, які не мали подібного попереднього досвіду, було виявлено, що інтегроване використання проектно орієнтованого та проблемно орієнтованого навчання надає можливість підготувати студентів до виконання професійних проектів у подальшому. Хоча студенти вказували, що попередньо вони відчували труднощі з управлінням власним часом та роботою з інформацією, відповідно до опитування їхня впевненість у власних силах зросла після завершення освітнього курсу на основі проектно орієнтованого навчання.

Положення, викладені в п'ятому розділі, детально розкриті в публікаціях автора (Lutsenko, 2018; Луценко, 2015; Луценко, 2017, Луценко & Луценко, 2018).

Список використаних джерел до розділу 5

- Aalborg University. (2015). Curriculum for Bachelor (BSc) in Electronics and Computer Engineering. Aalborg University.
- Chowdhury, T. (2013). Impact of senior design project for the development of leadership and management skills in construction management. *European Journal of Engineering Education*, 38(4), 452–267. doi:10.1080/03043797.2013.804034
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed.* Verlag: Springer.
- Dochy, F., Sefers, M., Vab deb Bosseche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instructions*, 13, 533–568.
- Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). Why problem-based learning: A case study of institutional change in undergraduate education. In B. J. Duch, S. E. Groh, & D. E. Allen (Eds.), *The power of problem-based learning: A practical “how to” for teaching undergraduate courses in any discipline* (pp. 3–12). Sterling, VA: Stylus Publishing.
- Gao, M. (2012). *A theoretical model for the effectiveness of project-based learning in engineering design education. (A Doctoral Thesis)*. Loughborough University.
- Gavin, K. (2011). Case Study of a Project-Based Learning Course in Civil Engineering Design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547–558.
- Gonzalez, J., & Wagenaar, R. (Eds.). (2008). *Tuning educational structures in Europe: Universities' contribution to the Bologna process: an introduction*. Bilbao: University of Deusto.
- Guglielmino, L. (1977). *Development of self-directed learning readiness scale*. Doctoral Dissertation: University of Georgia.
- Häfner, A., Oberst, V., & Stock, A. (2014). Avoiding procrastination through time management: an experimental intervention study. *Educational Studies*, 40, 352–360. doi:10.1080/03055698.2014.899487
- Harrigan, G. (2014). *A Case Study of Teachers' and Administrators' Experiences Integrating Project-Based Learning*. Doctoral study Submitted in Partial

Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Education.
Minneapolis: Walden University.

- Head, A. J., & Eisenberg, M. B. (2010). *Truth be told: How college students evaluate and use information in the digital age.* The Information School, University of Washington.
- Howell, A. J., & Watson, D. C. (2007). Procrastination: Associations with achievement goal orientation and learning strategies. *Personality and Individual Differences, 43*, 167-178. doi:10.1016/j.paid.2006.11.017
- Johansson, P., Larsson, M., & Wingard, L. (2007). *The INNOMET Taxonomy of Competences and Skills.* INNOMET. Retrieved from http://www.innomet.ee/innomet/Reports/Report_WP1.pdf
- Jones, D. K., & Abdallah, M. (2013). Assessment of Communication and Teamwork Skills in Engineering Technology Programs. *120th ASEE Annual Conference & Exposition* (p. Paper ID #5934). American Society for Engineering Education.
- Keil, M., Lee, H. K., & Deng, T. (2013). Understanding the most critical skills for managing IT projects: A Delphi study of IT project managers. *Information & Management, 50*, 398–414.
- Kloppenborg, T. J., & Baucus, M. S. (2004). Project management in local nonprofit organization: Engaging students in problem based learning. *Journal of Management Education, 28*(5), 610–629.
- Lesmond, G., McCahan, S., & Beach, D. (2017). *Development of Analytic Rubrics for Competency Assessment.* Higher Education Quality Council of Ontario: Toronto.
- Lutsenko, G. V. (2018). Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students. *European Journal of Engineering Education, 46*(6). 895-910. doi: 10.1080/03043797.2018.1454892.
- Macho-Stadler, E., & Elejalde-Garcia, M. J. (2013). Case study of a problem-based learning course of physics in a telecommunications engineering degree. *European Journal of Engineering Education, 38*(4), 408–416.
- McKinsey Global Institute. (2018). *Skill Shift: Automation and The Future Of The Workforce.* McKinsey & Company.

- Meijers, A., Overveld, C., & Perrenet, J. (2005). *Criteria for Academic Bachelor's and Master's Curricula*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Moore, T., Guzey, S., & Holly, J. (2015). An Assessment Tool to Evaluate Student Learning of Engineering (Fundamental). *122nd ASEE Annual Conference & Exposition* (p. Paper ID #12589). Seattle, WA: American Society for Engineering Education.
- Napier, N., Keil, M., & Tan, F. (2009). IT project managers' construction of successful project management practice: a repertory grid investigation. *Info Systems Journal*, *19*, 255-282. doi:10.1111/j.1365-2575.2007.00264.x
- Peeters, M. C., Londers, E., & Van der Hoeven, W. (2014). Design of an integrated team project as bachelor thesis in bioscience engineering. *European Journal of Engineering Education*, *39*(6), 636–647. doi:10.1080/03043797.2014.899322
- Schachterle, L., & Vinther, O. (1996). Introduction: The Role of Projects in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, *21*(2), 115-120.
- Shinde, V. (2014). *Design of Course Level Project Based Learning Models for an Indian Engineering Institute: An assessment of students' learning experiences and learning outcomes*. Aalborg: Aalborg University.
- Stewart, R. (2007). Investigation the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes^ the case of international Masters students in an engineering management course. *European Journal of Engineering Education*, *32*(4), 453–465.
- Tamim, S. R., & Grant, M. M. (2013). Definitions and Uses: Case Study of Teachers Implementing Project-based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, *7*(3). doi:10.7771/1541-5015.1323
- Warnock, J. N., & Mohammadi-Aragh, M. J. (2016). Case study: use of problem-based learning to develop students technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education*, *41*(2), 142–153. doi:10.1080/03043797.2015.1040739
- Williamson, S. N. (2007). Development of a self-rating scale of self-directed learning. *Nurse Researcher*, *14*(2), 66–83. doi:10.7748/nr2007.01.14.2.66.c6022

- Агарков, О. А., Арабаджиев, Д. Ю., Єрохіна, Т. В., Кузьмін, В. В., Мещан, І. В., & Попович, В. М. (2015). *Технології соціальної роботи: Навчальний посібник*. Запоріжжя: Вид. комплекс АТ «Мотор-Січ».
- Андрущенко, Т. В. (2016). Футурологічне бачення перспектив політичного та культурного розвитку людства (на прикладі концепції «Футурошоку» Елвіна Тоффлера). *Науковий вісник. Серія «Філософія»*.(47 (частина 1)), 82–89.
- Бачієва, Л. О. (2016). Експериментальне дослідження ефективності методики навчання основ наукових досліджень. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти, 50-51*, 204–212.
- Бірюк, Л. Я. (2016). Компетентнісний підхід як методологічне підґрунтя формування професійної компетентності майбутнього викладача. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки, 30*, 7–12.
- Гмурман, В. Е. (1975). *Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, доп.* Москва: Высшая школа.
- Іляшенко, С. М., & Іляшенко, Н. С. (2016). Перспективи і загрози четвертої промислової революції та їх урахування при виборі стратегій інноваційного зростання. *Маркетинг і менеджмент інновацій, 1*, 11–21.
- Індустрія 4.0. (2017). *Індустрія 4.0 – що це таке та навіщо це Україні*. Отримано з Індустрія 4.0 в Україні: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/03/06/%D1%96%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F-4-0-%D1%89%D0%BE-%D1%86%D0%B5-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5-%D1%82%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%96%D1%89%D0%BE-%D1%86%D0%B5-%D1%83%D0%BA/>
- Індустрія 4.0. (2018). *Глосарій термінів – для тлумачення ландшафту 4.0*. Отримано з Індустрія 4.0 в Україні: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/07/06/%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%B9->

%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%B2-
%D0%B4%D0%BB%D1%8F-
%D1%82%D0%BB%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD
%D0%BD%D1%8F-%D0%BB%D0%B0%D0%BD/#more-6971

КМУ. (2015). Постанова Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 року № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти». Отримано з <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/266-2016-%D0%BF>

Ковальчук, В. І. (2016). Прогнозування розвитку систем освіти. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Педагогіка, психологія, філософія*, 233, 112–120.

Комарова, О. А. (2011). Особливості формування випереджального рівня освітнього потенціалу суспільства. *Економічний часопис–XXI*, 9–10, 57–60.

Луценко, Г. В. (2015). Дослідження готовності студентів фізико-математичних та інженерних спеціальностей до проектно-орієнтованого навчання. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 36(369), 89–97.

Луценко, Г. В. (2017). Використання гібридного проблемно орієнтованого навчання при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, 9, 89–99.

Луценко, Г. В., & Луценко, Гр. В. (2018). Проектно орієнтоване навчання: точка зору українських викладачів STEM-дисциплін. *Science and Education a New Dimension*, VI (65)(155), 36–39.

Марцева, Л. А. (2015). *Теоретичні та методичні основи професійної підготовки молодших спеціалістів радіотехнічного профілю. (Дис. доктора пед. наук)*. Львів: Львівський науково-практичний центр інституту професійно-технічної освіти НАН України.

Павлов, Ю. В. (1971). *Статистическая обработка результатов педагогического эксперимента*. Москва: Знание.

Руденко, В. М. (2012). *Математична статистика. Навчальний посібник*. Київ: Центр учбової літератури.

- Скіцько, В. І. (2016). Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*, 5, 33–40.
- Староверова, Н. А., Андреева, М. М., & Шакирова, Г. М. (2014). Исследование готовности студентов к участию в проектном обучении. *Современные проблемы науки и образования*, 4. Получено из <http://www.science-education.ru/pdf/2014/4/399.pdf>
- Тоффлер, Е. (2000). *Третя хвиля*. (А. Євс, Перекл.) Київ: Видавничий дім «Всесвіт».
- Шарвара, О. О. (2017). Клаус Шваб «Черветра промислової революції»: світоглядні ідеї. *Актуальні проблеми філософії та соціології*, 15, 156–158.
- Шинкарук, В. І. (2002). *Філософський енциклопедичний словник / НАН України, Інститут філософії ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: В. І. Шинкарук (голова)*. Київ: Абрис.
- Ягупов, В. В. (2012). Провідні методологічні характеристики основних видів компетентності майбутніх фахівців, що формуються в системі професійно-технічної освіти. *Модернізація професійної освіти і навчання: зб. наук. праць*, 2, 45–59.

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено теоретичне узагальнення та розв'язання наукової проблеми професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання.

Отримані результати теоретичного пошуку та експериментального дослідження дали змогу сформулювати такі **висновки**:

1. Результати вивчення стану розробленості досліджуваної проблеми в педагогічній науці та практиці виявили низку проблемних аспектів, що є наслідком переважання знаннєвої парадигми в професійній підготовці майбутніх інженерів. Такі аспекти, як розрив між ґрунтовною теоретичною підготовкою та навичками роботи у виробничій сфері, відсутність системного підходу до формування загальних компетентностей, переважання предметно орієнтованого навчання і дедуктивних методів свідчать про недостатню розробленість проблеми дослідження.

Шляхом аналізу філософської, психолого-педагогічної, інженерної літератури підтверджено диверсифікацію ролей інженерів у сучасному світі на тлі зростання кількості інженерних професій, зміщення фокусу з традиційно «технічних» інженерних проблем до «змішаних», що інтегрують соціальні, етичні та екологічні аспекти. З'ясовано, що попри тісну інтеграцію з наукою і технікою, що полягає у використанні наукових теорій і технічних досягнень, інженерні дослідження і практика керуються особливою методологією, що характеризується орієнтацією на практичне застосування, неоднозначністю рішень та потребує системного застосування конвергентного й дивергентного мислення, формалізованих і неформалізованих знань.

Встановлено, що реформування організаційних засад підготовки майбутніх інженерів у європейських країнах здійснюється відповідно до рекомендацій Болонського процесу щодо структури та тривалості освітніх циклів, супроводжуючись діяльністю, спрямованою на усунення перешкод для академічної мобільності студентів; протягом останніх років зростає кількість

міждисциплінарних програм підготовки інженерів. Водночас у системі вищої освіти України зберігається істотне відставання від нагальних потреб ринку праці щодо розроблення акредитаційних матеріалів, нормативно-правової бази, навчально-методичної документації; поточні заходи мають несистемний та непослідовний характер, зокрема в контексті взаємодії роботодавців і ЗВО. Відсутність системної діяльності з розвитку загальних компетентностей майбутніх інженерів ускладнює ефективне провадження інженерної діяльності в сучасних умовах, впливає на конкурентоспроможність випускників на ринку праці. На підставі цього визначено ключову ідею дослідження, що полягає в обґрунтуванні теоретичних та методичних засад системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, її розробленні та експериментальній перевірці.

За результатами аналізу матеріалів провідних акредитаційних агентств і чинних тенденцій підготовки майбутніх інженерів в Україні та світі визначено ключові завдання системи професійної підготовки майбутніх інженерів: забезпечення стійкої прикладної спрямованості; інтегрованість підходів і системність організації інженерного проектування та розв'язання проблем, що трактується як основа інженерної діяльності; упровадження термінів життєвого циклу під час розв'язання проблем і проектування; урахування таких контекстуальних вимірів, як відповідальність інженера перед суспільством в умовах сталого розвитку, розуміння результатів впливу сучасних технологій на суспільство й навколишнє середовище з метою визначення потенційних ризиків і наслідків; забезпечення зростаючої потреби роботодавців у розвинутих загальних компетентностях майбутніх інженерів; організація роботи в мультидисциплінарних колективах і взаємодія з експертами з різних галузей.

2. Розроблено і теоретично обґрунтовано концепцію професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. Концептуальні засади проектно орієнтованої професійної підготовки майбутніх інженерів охоплюють кореляцію цілей професійної освіти та рекомендацій роботодавців; прикладну орієнтацію підготовки, спрямованість на розв'язання проблем та

проектування як основи інженерної діяльності; перехід від освітніх програм, орієнтованих на знання, до освітніх програм, орієнтованих на компетентнісні результати навчання; студентоцентрованість освітнього процесу. До психолого-педагогічних засад системи віднесено соціальний конструктивізм і когнітивізм, теорію практичного навчання Колба, концепцію критичного осмислення практичної діяльності Шона. Основними рисами системи професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання є холістичність, гнучкість й адаптивність; гуманістична спрямованість на розвиток і реалізацію потенціалу майбутніх інженерів; урахування чинних освітніх парадигм, стандартів і рекомендацій системи вищої освіти України; інтеграція інноваційних студентоцентрованих педагогічних технологій, зокрема проектно орієнтованого навчання, в реальний освітній процес.

3. Визначено та обґрунтовано методологічні підходи до професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання (системний, особистісно орієнтований, діяльнісний, синергетичний, акмеологічний і компетентнісний).

4. На основі аналізу передового педагогічного досвіду вітчизняних ЗВО й університетів Данії, Нідерландів, Швеції, США та напрацювань зарубіжних дослідників обґрунтовано вибір проектно орієнтованого навчання як стрижневої лінії професійної підготовки майбутніх інженерів. У рамках дослідження проектно орієнтоване навчання трактується як педагогічна технологія, спрямована на залучення студентів до розв'язання проблем, що є відправною точкою для організації проектної діяльності й управління нею. Зasadничими положеннями проектно орієнтованого навчання є: спрямованість на розвиток інженерної творчості та інноваційності мислення; орієнтація на провадження освітнього процесу в контексті професійної інженерної діяльності, урахування поточного досвіду та знань майбутніх інженерів у процесі планування проектної діяльності, міждисциплінарний характер.

5. Визначено й теоретично обґрунтовано низку загальнодидактичних та специфічних принципів професійної підготовки майбутніх інженерів, ключовими

серед яких є принцип орієнтації на професійну діяльність, що підкріплюється принципами органічної єдності теоретичної й практичної підготовки студентів, системності й послідовності, фундаменталізації, професійної мобільності. Організаційно-педагогічними умовами професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання визначено: модернізацію освітніх програм підготовки майбутніх інженерів на засадах компетентнісного підходу; системне оновлення змісту освітніх програм шляхом розбудови міждисциплінарних зв'язків і між теорією й практикою, узгодження змістового наповнення дисциплін і тематики проектної діяльності; утвердження проблемних завдань як відправної точки для проектної діяльності; організацію проектної діяльності студентів у групах; вибір та впровадження сучасного програмного забезпечення широкого спектру призначення і лабораторного оснащення, що використовується як під час виконання завдань проекту, так і для його організації.

Модель системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання містить: концептуально-цільовий (мета, концепція, принципи підготовки, методологічні підходи), змістовий (компоненти професійної компетентності, зміст професійної підготовки та її складові), процесуальний (форми, методи, засоби, інноваційні педагогічні технології) і результативний (критерії, показники, діагностичний інструментарій, рівні сформованості та результат професійної підготовки) блоки. Основною метою професійної підготовки майбутніх інженерів визначено формування професійної компетентності, що розглядаємо як комбінацію фахових і загальних компетентностей.

6. Розроблено систему професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, структурними елементами якої є цілі, зміст, форми, методи та засоби, система оцінювання, що в поєднанні визначають специфіку діяльності студентів, ролей і завдань викладачів, організацію освітньої діяльності та забезпечують досягнення мети. Система професійної підготовки майбутніх інженерів реалізується шляхом упровадження гібридного навчання, коли проектна діяльність студентів позиціонується як особливий освітній

компонент (з власними програмовими результатами, пов'язаними з фаховими та загальними компетентностями), узгоджений із заняттями, що проводяться у традиційній формі.

Теоретично обґрунтовано засади формування змісту професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання: відповідність сучасним вимогам до інженерної діяльності, структурна єдність змістового і процесуально-діяльнісного аспектів для різних освітніх компонентів і на міждисциплінарному рівні, відповідність рівню програмного й технічного оснащення. Критеріями вибору форм визначено індивідуалізацію освітнього процесу й диверсифікацію видів інженерної діяльності, що виражається в поєднанні традиційних форм (лекції, лабораторні заняття, самостійна робота, курсові й випускні роботи) й проектної діяльності. В умовах проектно орієнтованого навчання акцент робиться на методи, що відповідають продуктивній пізнавальній діяльності, яка характеризується високим ступенем самостійності студентів щодо ідентифікації інженерних проблем та способів їх розв'язання, – це проблемний виклад і дослідницький метод. Інноваційними педагогічними технологіями, формами і методами системи є семінари-дискусії, презентації, вебінари, імітаційне моделювання, кейс-метод, перевернуте навчання, інтерактивні та імітаційні ігри, тренінги тощо. Провідними засобами навчання визначено спеціалізоване програмне й технічне забезпечення для інженерного проектування й управління проектною діяльністю, обладнання для експериментів, динамічні інформаційно-освітні середовища.

7. Розроблено та впроваджено в практику освітньої діяльності методичне забезпечення системи професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, спрямоване на використання сучасних програмних продуктів і технологій.

Розроблення й упровадження здійснено для: виконання проектів з дисциплін «Системи проектування, ідентифікації і моделювання», «Програмне забезпечення інформаційних систем і комплексів», «Технічні засоби автоматизації наукових досліджень», міждисциплінарних проектів з дисциплін «Прикладна механіка і

основи конструювання» і «Технології розробки програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем», міждисциплінарних проектів для студентів інженерних спеціальностей, реалізація яких здійснювалася в рамках підготовки випускних робіт. Створене методичне забезпечення містить опис програмових результатів, видів діяльності студентів та приклади планування їхніх обов'язків, видів діяльності викладачів, методику планування проектної діяльності студентів і оцінювання параметрів проектів, методику реалізації автоматизованої системи управління проектною діяльністю.

Мотивовано доцільність використання в ході проектної діяльності програмного забезпечення інженерного призначення NI LabVIEW, розроблено технології створення програмних продуктів як складників методології опосередкованого формування навичок проектування. Обґрунтовано використання автоматизованих систем управління проектною діяльністю в освітньому процесі як інструмента, що дозволяє планувати проекти різних рівнів складності, відстежувати їх перебіг і коригувати виконання. Визначено, що володіння програмним забезпеченням у сфері проектного менеджменту є важливою складовою інженерної підготовки, зокрема у випадку діяльності мультидисциплінарної команди, коли є потреба узгоджувати завдання, що виконують фахівці з різних предметних галузей.

8. У дослідженні експериментально перевірено ефективність системи професійної підготовки майбутніх інженерів. Отримані кількісні та якісні дані свідчать про підвищення рівнів сформованості компонентів професійної компетентності майбутніх інженерів. Результати експерименту підтверджують загальну і часткову гіпотези щодо ефективності системи професійної підготовки в умовах проектно орієнтованого навчання. Позитивна динаміка рівнів сформованості професійної компетентності становить +0,231 для студентів експериментальної групи (E1), у складі якої були студенти без попереднього досвіду проектної діяльності, та +0,258 для експериментальної групи (E2) студентів з попереднім досвідом проектної діяльності. Серед чотирьох компонентів

професійної компетентності максимальна позитивна динаміка спостерігалася для діяльнісного й операційно-управлінського компонентів.

9. Здійснено прогностичне обґрунтування напрямів професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання, що передбачає постійний моніторинг інноваційних тенденцій в інженерній сфері, зокрема в контексті становлення «Індустрії 4.0», дигіталізації виробництва, розвитку Інтернету речей; розроблення та впровадження програм підтримки інженерних і IT-спеціальностей як пріоритетних для української економіки XXI століття; підтримку взаємодії ЗВО та стейкхолдерів шляхом розширення автономії ЗВО у виборі змісту й технологій навчання; створення умов для обміну передовим педагогічним досвідом у сфері використання інноваційних технологій і засобів освітньої діяльності шляхом підтримки академічної мобільності викладачів і студентів.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ВИКОРИСТАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ТЕСТІВ З МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Показовою в плані еволюції системи поглядів на математичну підготовку майбутніх інженерів є зміна акцентів у дослідженнях, що здійснювалися членами Європейського товариства інженерної освіти (SEFI). Починаючи з 1992 року, членами цього товариства було опубліковано ряд звітів, що стосувалися питань розроблення навчальних планів з математики для студентів інженерних спеціальностей. Перший з них орієнтувався на змістове наповнення навчальної програми з математики, хоча автори коротко зупинялися й на інших питаннях освітнього процесу. У виданні, що з'явилося у 2002 році, було зроблено наголос на представленні освітньої програми з погляду програмових результатів, а не у вигляді переліку тем, що мали бути охоплені в процесі навчання майбутніх інженерів. Також цей документ містив коментарі з приводу методик навчання, таких освітніх цілей, як моделювання, комунікація тощо. Метою групи, що здійснювала підготовку документа наступного покоління, стало налагодження стійкого зв'язку між фактичним наповненням навчального курсу та детально розробленою структурою математичної компетентності з урахуванням сучасного стану досліджень у сфері методики навчання математики. Таким чином, хоча зміст навчальної програми залишається важливим, він має бути пов'язаним зі структурою математичних компетенцій, яких прагне досягти математична підготовка.

У рамках проекту Danish КОМ було сформовано перелік, що складається з восьми компетенцій, поєднання яких і визначає математичну компетентність:

1. Мислити математично: вміти формулювати задачі, характерні для математики, та знати можливі типи відповідей. Компетенція передбачає також розуміння математичних концепцій, їх завдань та обмежень, а також уміння долати

обмеження шляхом абстрагування та узагальнення результатів на ширші класи об'єктів.

2. Ставити та розв'язувати математичні задачі.

3. Здійснювати моделювання (аналізувати та будувати моделі): аналізувати підґрунтя та властивості існуючих моделей, включаючи оцінювання меж їх застосування та валідності, декодувати існуючі моделі, тобто інтерпретувати елементи моделі в термінах реальної задачі, будувати моделі.

4. Міркувати математично: проходити та оцінювати ланцюжки аргументів, висунутих іншими, визначати, чи є певне доведення математичним чи ні, та знати, чим воно відрізняється від інших типів математичних міркувань, наприклад, евристичних; розкривати основні ідеї в даному ланцюжку аргументів, включаючи здатність розрізняти основну концепцію та деталі, ідеї та технічні аспекти.

5. Представляти математичні сутності (об'єкти та ситуації): розуміти та використовувати різні типи представлень математичних об'єктів, явищ та ситуацій; розуміти та використовувати взаємозв'язки між різними типами представлень однакових об'єктів, включаючи знання про їх переваги та обмеження.

6. Володіти математичними символами та формалізмом: декодувати та інтерпретувати символи та формальну математичну мову та розуміти їх взаємозв'язок з природною мовою; оперувати виразами, що містять символи та формули.

7. Комунікативна компетенція, що передбачає розуміння математичного контенту та здатність його висловлювати в усній, письмовій чи візуальній формах.

8. Використовувати засоби та інструментарій математичної діяльності, включаючи інформаційні технології, враховуючи їх діапазон та обмеження.

Дослідження математичної компетентності студентів інженерних спеціальностей провадяться з урахуванням впливу таких факторів: математика є обов'язковим випробуванням для вступників; наповнення численних інженерних дисциплін пов'язане з різними розділами математики; студенти розв'язують математичні завдання, практикуючи застосування відповідних навичок в інженерному контексті. Таким чином, сукупність факторів, що впливають на

математичну підготовку, поділяється на дві категорії. Загальні фактори є важливими для більшості університетів, а специфічні залежать від вимог програми підготовки. Відповідно, зміну рівня сформованості математичної компетентності вступників, зростання вимог до інженерної діяльності відносимо до загальних факторів. Специфічні фактори включають відмінність потреб для різних інженерних профілів, рівень взаємодії між викладачами професійних і математичних дисциплін, готовність викладачів до впровадження оновлених педагогічних підходів.

Наразі Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького здійснює підготовку студентів за наступними інженерними спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (АКІТ) та 113 Прикладна математика (ННІ інформаційних та освітніх технологій), 122 Комп'ютерні науки, 123 Програмна інженерія та 124 Системний аналіз (Факультет обчислювальної техніки, інтелектуальних та управляючих систем). Таким чином, близько 400 студентів здобувають ступінь бакалавра та 80 – ступінь магістра. Більшість студентів вступає на навчання на основі середньої освіти, хоча є невеликий відсоток, що навчаються за скороченим терміном на основі здобутого освітнього ступеня «молодший спеціаліст».

У Таблиці А.1 наведено середній результат ЗНО з математики та різницю між максимальним та мінімальним отриманими значеннями, які отримали вступники на перераховані вище інженерні спеціальності у 2015 році. Діапазон результатів для різних спеціальностей варіюється від 47 до 61,5 балів.

Таблиця А.1

Середній результат ЗНО з математики для вступників в 2015 році

Спеціальність	Кількість студентів	Середній бал ЗНО	Стандартне відхилення	Межі
АКІТ	20	175,85	16,33	61,5
Прикладна математика	16	173,66	14,36	50,5
Комп'ютерні науки	20	176,3	15,61	58
Програмна інженерія	15	184,13	15,14	49
Системний аналіз	14	174,14	15,67	47

Дані, що відповідають 2013–2014 рр., наведено в Таблиці А.2. Це пов'язано з тим, що у 2015 році були певні особливості проведення ЗНО. Ми використовуємо відношення між балами, отриманими за результатами ЗНО, та відсоток правильних відповідей згідно з матеріалами ЗНО. Такий факт дещо ускладнював порівняння рівня підготовленості вступників різних років. Тест ЗНО містив 30 запитань у 2015 році, 34 запитання в 2014 та 33 – у 2013 році.

Таблиця А.2

Середній результат ЗНО з математики для вступників на інженерні спеціальності у 2013 та 2014 роках

Спеціальність	Рік	Кількість студентів	Середній бал ЗНО	Стандартне відхилення	Межі
АКІТ	2013	26	172,64	14,8	56,5
	2014	25	166,54	9,69	45,0
Прикладна математика	2013	19	165,05	8,94	34,5
	2014	21	172,85	12,38	47,5
Комп'ютерні науки	2013	25	166,1	8,37	37,5
	2014	25	165,52	14,2	45,5
Програмна інженерія	2013	20	178,78	11,05	38
	2014	20	174,53	9,96	32,5
Системний аналіз	2013	15	169,5	8,8	27,5
	2014	15	173,1	8,28	32,5

Ми використовуємо статистичний пакет SPSS для аналізу експериментальних даних. На рис. А.1 подано розподіл результатів ЗНО 2013–2015 рр., виражений у відсотках правильних відповідей для студентів п'яти інженерних спеціальностей.

Окрім того, з метою дослідження залежності між результатами ЗНО та подальшими академічними досягненнями студентів ми застосували кореляційний аналіз. Для цього ми використали результати екзаменів з вищої математики для студентів другого та третього років навчання спеціальності АКІТ. Навчальний план спеціальності АКІТ містить два екзамени з вищої математики, що проводяться по завершенні першого та четвертого семестрів відповідно, а також залік у кінці другого семестру. У Таблиці А.3 наведено коефіцієнт кореляції Пірсона,

розрахований для результатів ЗНО з математики та результатів екзаменів з вищої математики. Для студентів другого року навчання спеціальності АКІТ кореляція є слабкою та статистично незначущою. Водночас для студентів третього року навчання спеціальності АКІТ коефіцієнт кореляції сягає значень у діапазоні від 0,359 до 0,557.

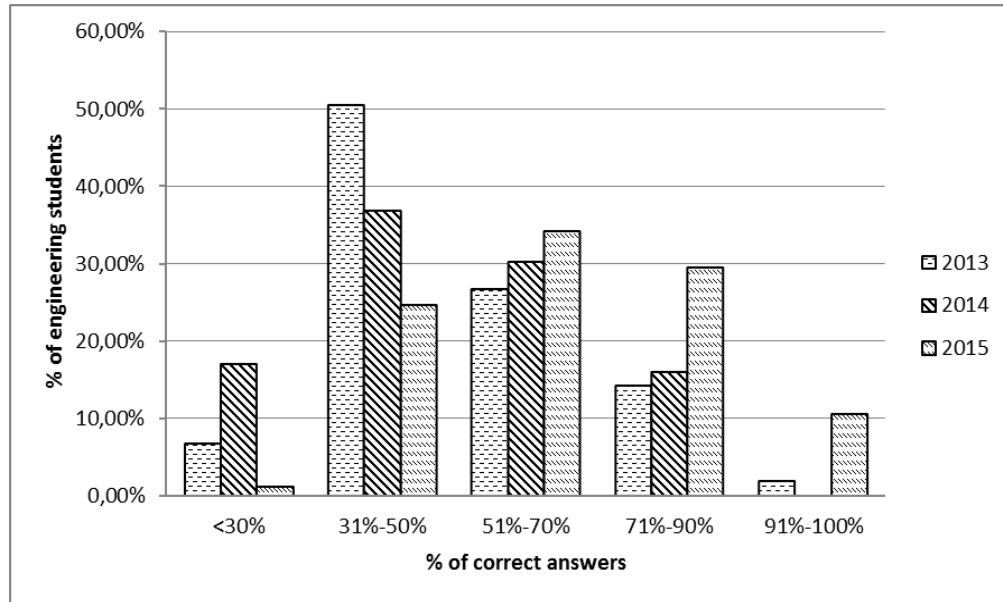


Рис. А.1. Розподіл балів ЗНО з математики, виражений у відсотках правильних відповідей для студентів інженерних спеціальностей ЧНУ

Наведені результати показують, що аналіз та використання результатів ЗНО має доповнюватися додатковими діагностичними тестуваннями для отримання об'єктивної інформації про рівень сформованості математичної компетентності студентів.

Таблиця А.3

Коефіцієнт кореляції між результатами ЗНО з математики та академічними результатами студентів спеціальності АКІТ у 2013–2015 рр.

	N	Рік	Коефіцієнт кореляції та статистична значущість		
			Вища математика (Екзамен 1)	Вища математика (Залік 1)	Вища математика (Екзамен 2)
АКІТ	25	2	0,308 p=0,137	0,306 p=0,134	-
АКІТ	26	3	0,557 p=0,003	0,359 p=0,072	0,412 p=0,037

На першому етапі проведення діагностичного тестування основна увага зосереджувалася на формуванні масиву завдань. Ми використовували матеріали ЗНО для різних років та навчальні плани спеціальностей АКІТ та Прикладна математика.

Слід зазначити, що окремі теми, які включаються до програми тестування, є подібними для різних країн. Відповідно, ми намагалися сформувати перелік тем та відповідні навички, формування яких є важливим для подальшого навчання. Для цього було організовано ряд консультацій з викладачами інженерних спеціальностей, які викладають вищу математику, фізику та інженерні дисципліни студентам першого року навчання.

Для різних інженерних освітніх програм необхідні дещо різні математичні знання та навички. Водночас структура освітніх програм для різних інженерних спеціальностей є подібною. На початковому етапі студенти вивчають основні предмети, включаючи вищу математику, фізику та програмування. Наприклад, навчальний план для студентів першого курсу спеціальності АКІТ містить 8 кредитів ЄКТС з математики та 10 кредитів ECTS з фізики, що становить понад 30 % навчального навантаження студентів. Таким чином, студенти, що мають складнощі з вищою математикою, неминуче мають проблеми при вивченні інших предметів, в яких потрібно застосовувати математичні знання та навички. До типових проблем слід віднести дії з числами, виражені в науковій нотації та дії зі степенями. Окрім того, відчутний розрив між рівнем підготовки студентів у межах однієї групи не є рідкісною проблемою. Щодо студентів першого курсу, то подолання розриву ускладняється через різницю між шкільною та університетською системами освіти, а саме необхідністю більше уваги приділяти організації самостійного навчального процесу.

У процесі обговорення завдань діагностичного тестування ми звернулися до концепції математичної компетентності. Це поняття означає здатність до математичного мислення, вирішувати чисті та прикладні математичні проблеми та оперувати математичними символами. Тісні зв'язки між інженерією, фізикою та математикою ми розглядали як важливий компонент діагностичного тестування.

На першому етапі пробне тестування з математики було проведено для оцінювання вибору переліку тем, складності завдань, часу, що відводиться на діагностичне тестування, та системи оцінювання результатів. Запропонований перелік запитань тесту охоплював наступні теми: операції з дробами, системи лінійних алгебраїчних рівнянь, квадратні рівняння, планіметрія, логарифми, дії зі степенями, диференціювання, застосування алгебри до фізичних та інженерних задач (написання та розв'язування рівнянь), запис математичних виразів для задач програмування. Було обрано паперовий варіант тестування; діагностичний тест включав 30 запитань з чотирма варіантами відповідей, одна з яких правильна. Тривалість тесту – 40 хвилин.

У написанні діагностичного тесту взяли участь три групи студентів, включаючи студентів першого та другого років навчання спеціальності АКІТ (17 та 24, відповідно) та студентів другого року навчання спеціальності Прикладна математика (9 осіб). Результати тестування фокус груп були проаналізовані з метою визначення фактору складності запитань. Ми розраховували коефіцієнт складності як відсоток неправильних відповідей. Запитання з низьким рівнем складності (близьким до нуля) на другому етапі діагностичного тестування були частково замінені чи переформульовані, для уникнення вгадування правильних відповідей. Водночас, на нашу думку, видалення запитань з фактором складності 0,2-0,1 не є релевантним, адже вони виступають в якості індикатора.

Загальна структура та тривалість діагностичного тестування на другому етапі не змінювалися. У тестуванні взяли участь студенти третього року навчання спеціальності АКІТ (22 особи), першого та третього років навчання спеціальності Прикладна математика (12 та 12 відповідно). Результати тестування фокус-групи наведено в таблиці А.4, а результати другого етапу діагностичного тестування – в таблиці А.5.

Більш ніж половина студентів набрала понад 75 % балів за результатами першого етапу тестування. Отримані результати використовувалися також для визначення фактору складності запитань. На рис. А.2 наведено фактор складності для завдань тесту. Зазначимо, що дроби, планіметрія та застосування математичних

знань у практичному контексті є серед запитань, відсоток правильних відповідей на які найвищий. Об'єми та площі, логарифми та диференціювання є запитаннями з найвищим фактором складності.

Таблиця А.4

Результати діагностичного тестування (етап 1)

Курс	Рік	N	Середнє значення (%)	Студенти <50% (%)	Студенти 50%–75% (%)	Студенти 76%–90% (%)	Студенти >90% (%)
АКІТ	1	17	75	17,65	11,76	58,82	11,76
АКІТ	2	24	80	4,17	25	54,17	16,67
ПМ	2	9	82	-	22,22	55,56	22,22

Таблиця А.5

Результати діагностичного тестування (етап 2)

Курс	Рік	N	Середнє значення (%)	Студенти <50% (%)	Студенти 50%–75% (%)	Студенти 76%–90% (%)	Студенти >90% (%)
АКІТ	3	22	70	13,63	50	31,82	4,55
ПМ	1	12	72,2	25	16,67	50	8,33
ПМ	3	12	71,9	25	16,67	58,33	-

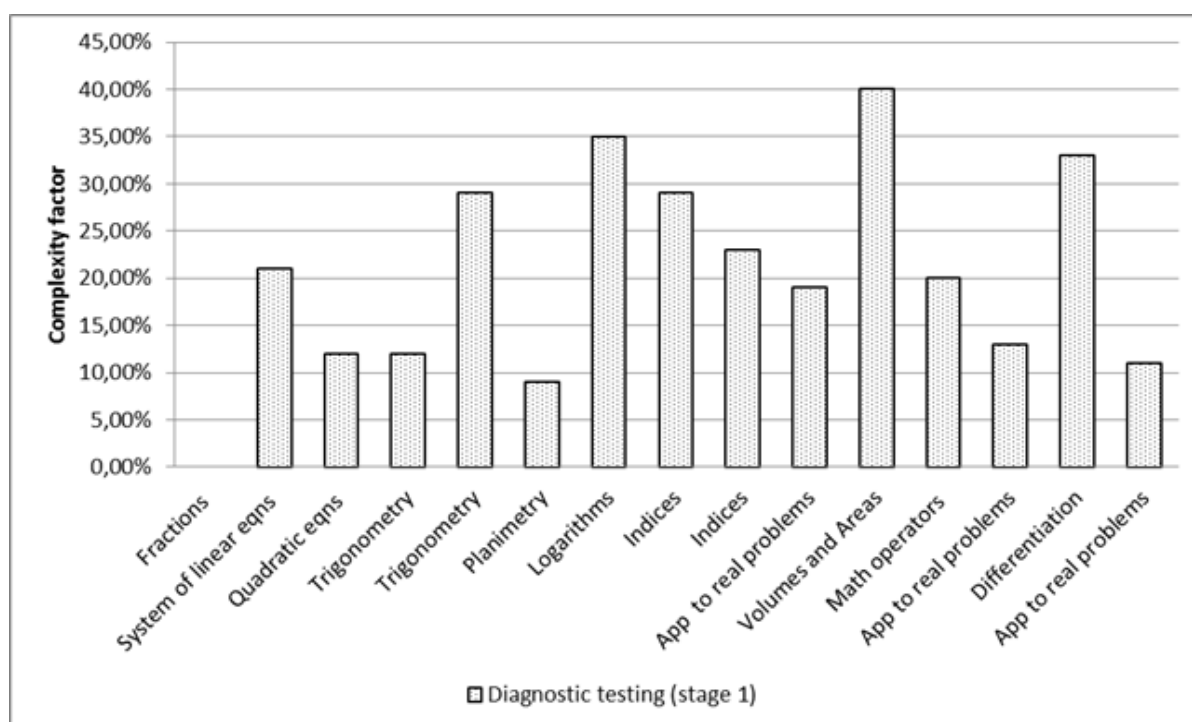


Рис. А.2. Фактор складності завдань діагностичного тесту (етап 1)

На рис. А.3 наведено розрахований фактор складності завдань, що залишилися без змін, на рис. А.4 – фактор складності завдань, що були переформульовані на другому етапі тестування.

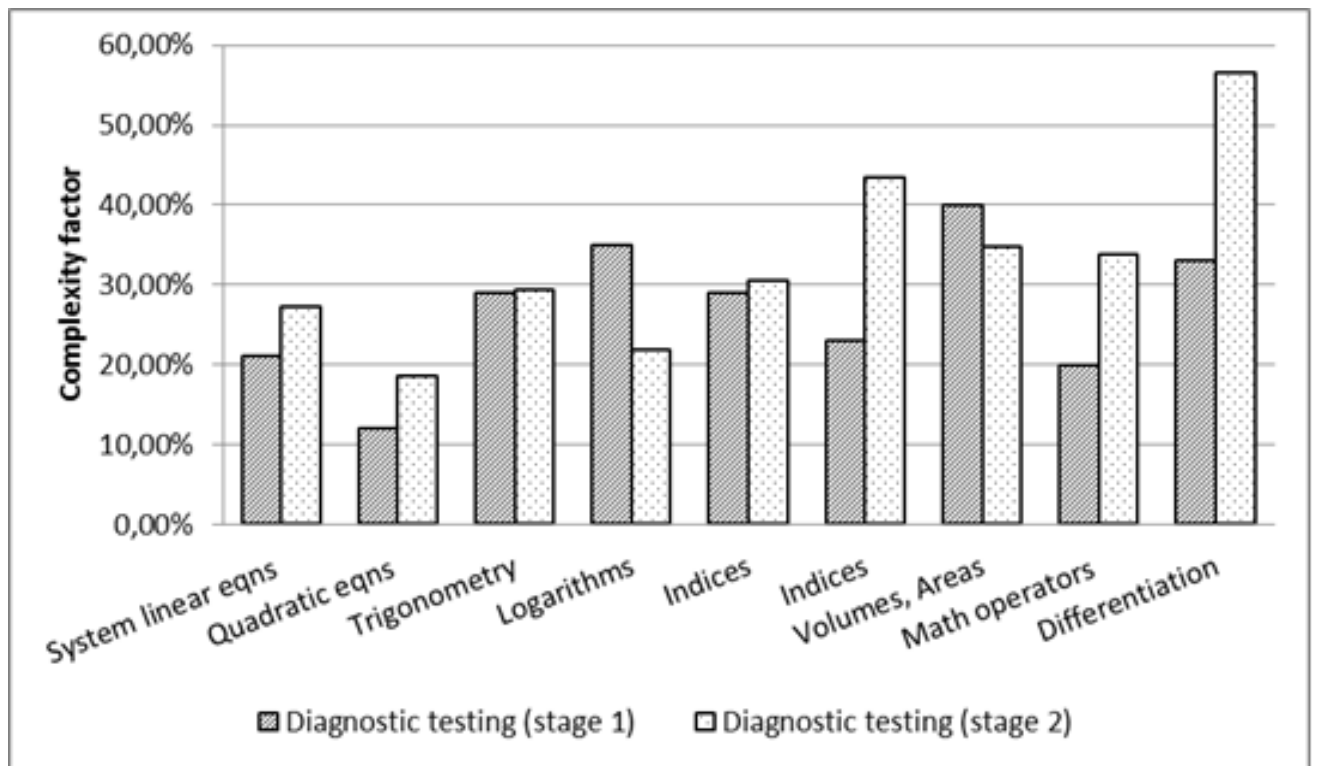


Рис. А.3. Фактор складності завдань тесту, що залишилися без змін (етап 2)

На рис. А.4 показані значні коливання результатів студентів, що стосуються диференціювання та дій зі степенями, незважаючи на те, що друга група охоплює студентів третього року навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 113 «Прикладна математика». Водночас друга група демонструє кращі результати для завдань з логарифмуванням. Тригонометричні завдання мають один з найгірших показників відповідей. На рис. А.5 наведено розподіл результатів діагностичного тестування з математики студентів різних курсів інженерних спеціальностей ЧНУ, виражений у відсотках правильних відповідей.

Діагностичне тестування, проведене у 2015–2016 н.р. для студентів інженерних спеціальностей ННІ інформаційних та освітніх технологій у Черкаському національному університеті ім. Б. Хмельницького, допомогло виявити студентів, які належать до так званої групи ризику, а також перелік тем, які викликали найбільші труднощі.

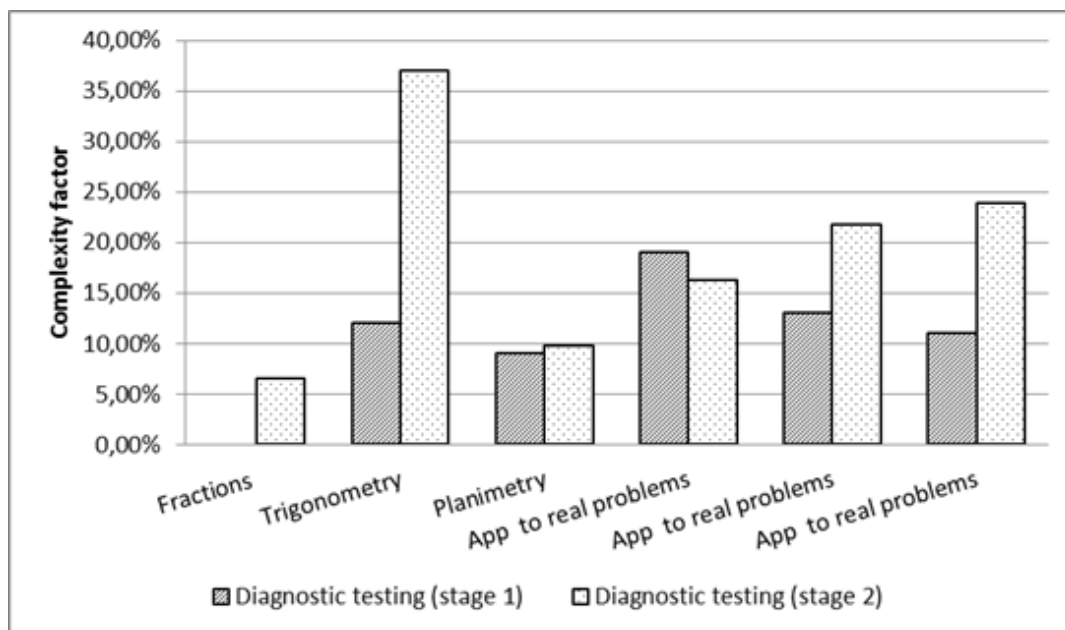


Рис. А.4. Фактор складності завдань, що були переформульовані (етап 2)

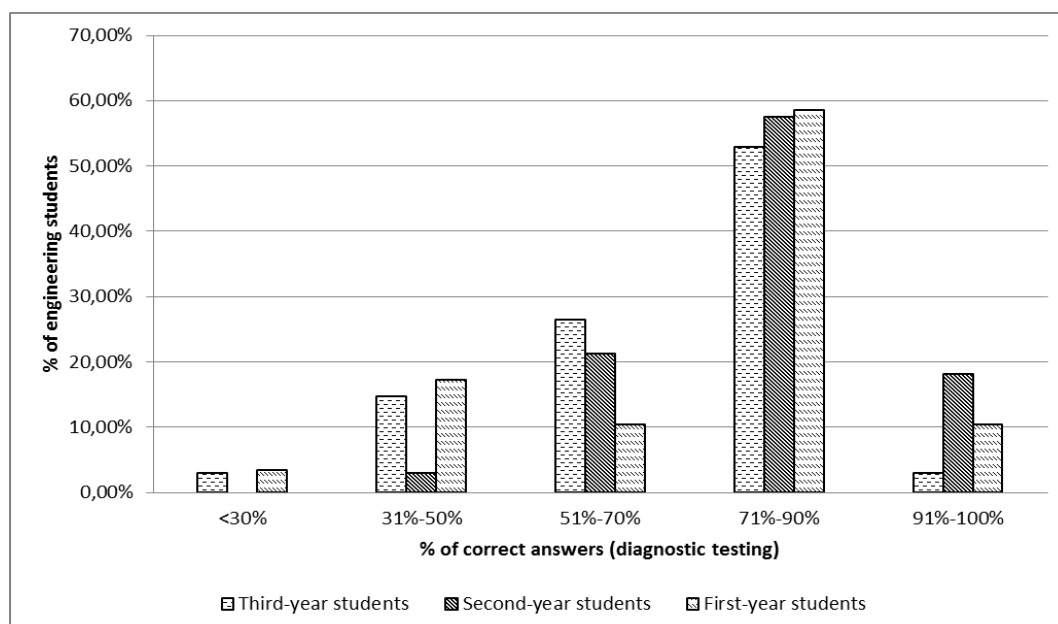


Рис. А.5. Розподіл результатів діагностичного тестування з математики студентів різних курсів інженерних спеціальностей ЧНУ

Також було проаналізовано зв'язки між академічною успішністю студентів, результатами ЗНО та результатами діагностичного тестування. Обмежувальним фактором у нашому випадку була невелика кількість студентів. Водночас здійснене тестування допомогло окреслити основні проблеми, що виникають при впровадженні діагностичних тестів.

ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФОРМУВАННЯМ НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ

Уніфікована мова моделювання (Unified Modeling Language, UML) – це універсальна мова візуального моделювання систем, яка поєднує найкращі сучасні технічні прийоми моделювання та розроблення програмного забезпечення. Основна ідея UML – можливість моделювати програмне забезпечення та інші системи як набори взаємодіючих об'єктів, що наразі використовується в усіх сферах, де доводиться здійснювати розроблення структурно-функціональних схем об'єктів. У UML-моделі є два базові аспекти:

- статична структура, що описує, які типи об'єктів важливі для моделювання системи і як вони взаємопов'язані;
- динамічна поведінка, що описує життєві цикли цих об'єктів і те, як вони взаємодіють один з одним для забезпечення необхідної функціональності системи.

У процесі розв'язку задачі було розроблено ряд базових діаграм мови UML. Поведінка системи описується за допомогою функціональної моделі, яка відображає системні прецеденти, системне оточення (діючі особи або актори) і зв'язки між прецедентами та акторами (діаграми прецедентів). Основна задача моделі прецедентів – становити єдиний засіб, що дає можливість замовнику, кінцевому користувачеві та розробнику разом обговорювати функціональність та поведінку системи.

Розроблення моделі прецедентів розпочинається на стадії задуму з вибору акторів і визначення загальних принципів функціонування системи. Потім на етапі опрацювання модель доповнюється детальною інформацією до існуючих прецедентів, а за потреби додаються нові. Тому розроблення діаграми Варіантів використання розпочинаємо з визначення Діючих осіб (Actor) нашої предметної сфери, намагаючись якнайповніше врахувати всі розгалуження та варіанти поведінки (табл. Б.1).

Опис діючих осіб та їх функцій

Діюча особа	Короткий опис
Методист	Працівник університету (директор інституту, декан, завідувач кафедри), який для кожного з підрозділів університету формує навчальні плани дисциплін і має можливість як вводити інформацію, так і редагувати чи видаляти її. Також методист формує робочі навчальні плани.
Користувач	Працівник університету (викладач), що може переглянути таблиці з інформацією про відповідні навчальні дисципліни (кількість годин, форми контролю і т.д.), здійснювати друк цих даних, але не має можливості їх редагувати.
Системний адміністратор	Визначає права доступу. Стежить за виглядом, наповненням та режимом функціонування відповідної ІС. Підтримує існуючі та розробляє нові шаблони вводу/виведення даних. Виконує автоматичний розрахунок навчального навантаження для кафедр та викладачів за попередньо введеними даними.

На рис. Б.1 подано головну діаграму прецедентів для нашої системи. Спільною операцією для всіх акторів є авторизація.

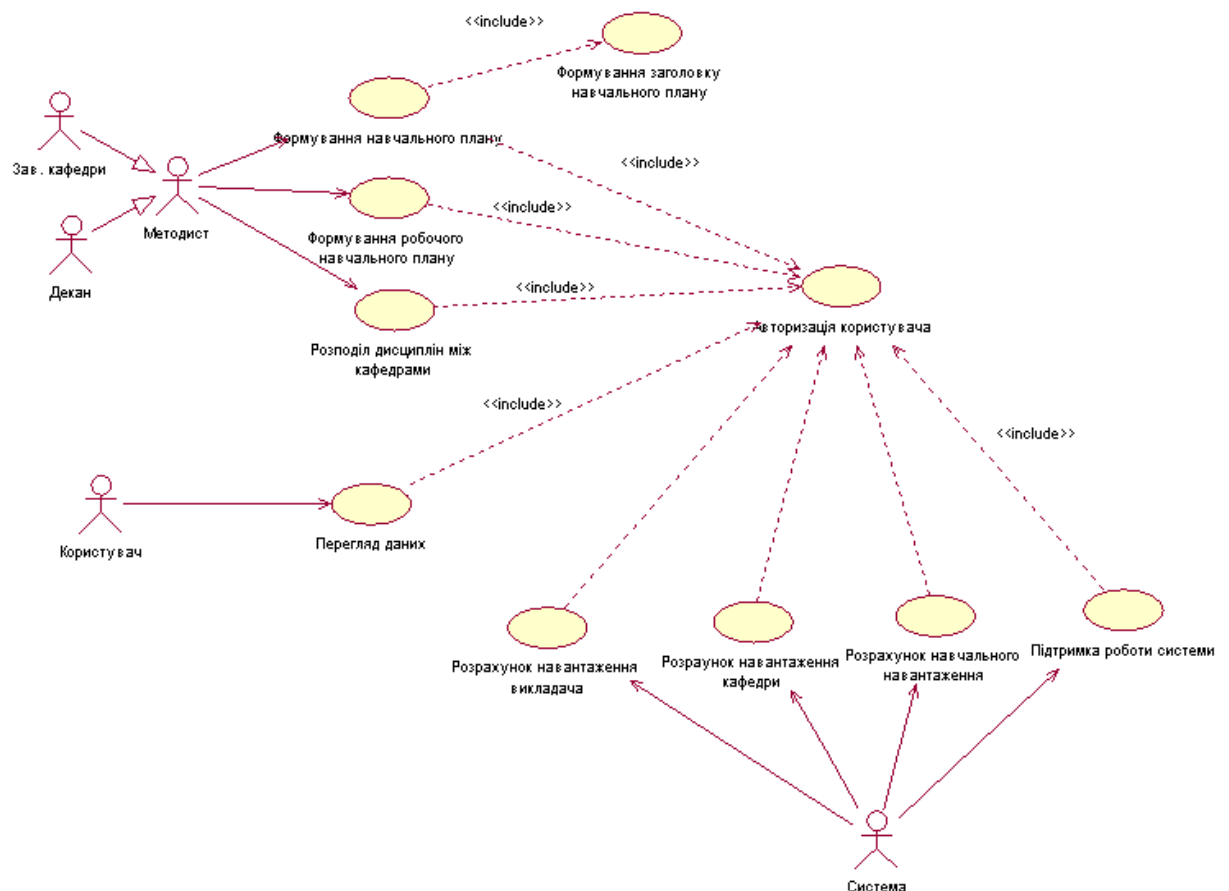


Рис. Б.1. Головна діаграма прецедентів

Наступним кроком при побудові UML моделі є формування Потіку подій – послідовності подій, потрібних для забезпечення необхідної поведінки. Цей потік описується в термінах того, «що» система повинна робити, а не «як» вона повинна це робити. Наведемо приклад потоку подій для прецеденту «Формування навчального плану». Обов'язковою умовою при формуванні потоку подій є визначення передумов, за яких даний потік може мати місце, умов розгалуження та результатів виконання тих чи інших дій.

Потік подій для прецеденту «Формування заголовка навчального плану» містить наведені далі компоненти.

1.1. Передумови

Під-потік створення масивів з різними типами базових освітньо-кваліфікаційних рівнів, кваліфікацією, спеціалізацією, формою навчання, термінами навчання, підпорядкуванням, спеціальністю повинен бути виконаний Системою раніше. Методист використовує відповідні дані з цих масивів для формування заголовка навчального плану.

1.2. Головний потік

Прецедент починає виконуватися, коли Методист підключається до системи реєстрації і вводить свій пароль. Система перевіряє правильність пароля (E-1) і просить Методиста обрати потрібний підрозділ (E-2). Система пропонує потрібну операцію – створити новий навчальний план (Add), видалити (Delete), редагувати (Change), надрукувати (Print) чи вийти (Quit).

- Якщо обрана операція додати (Add), S-1: виконується потік додати навчальний план.
- Якщо обрана операція видалити (Delete), S-2: виконується потік видалити навчальний план.
- Якщо обрана операція редагувати (Change), S-3: виконується потік редагувати навчальний план.
- Якщо обрана операція надрукувати (Print), S-4: виконується потік надрукувати навчальний план.
- Якщо обрана операція видалити (Quit), S-5: виконується потік вийти.

1.3. Під-потоки

S-1: додати навчальний план

Система відображає вікно діалогу, яке містить поля для вводу підпорядкування, спеціальності, спеціалізації, форми навчання, базового ОКР, терміну навчання та кваліфікації. Методист обирає відповідні варіанти (E-3). Система створює навчальний план (E-4). Потім прецедент розпочинається спочатку.

S-2: Видалити навчальний план

Система відображає вікно діалогу, яке містить перелік навчальних планів. Методист обирає відповідний навчальний план (E-5). Система його видаляє (E-6). Потім прецедент розпочинається спочатку.

S-3: Змінити навчальний план

Система відображає вікно діалогу, яке містить поля з переліком навчальних планів. Методист обирає потрібний навчальний план. Система відкриває меню з параметрами даного навчального плану. Методист обирає потрібні характеристики (E-7). Система зберігає внесені зміни. Прецедент розпочинається спочатку.

S-4: Надрукувати навчальний план

Система отримує навчальний план і друкує його (E-8). Прецедент розпочинається спочатку.

1.4. Альтернативні потоки

E-1: введено хибний пароль. Методист повинен повторити введення чи завершити прецедент.

E-2: введено хибний підрозділ. Користувач повинен повторити введення чи завершити прецедент.

E-3: залишилися незаповнені поля чи формат даних не відповідає, передбаченому системою. Методист повинен відредагувати дані чи завершити прецедент.

E-4: заголовок навчального плану не може бути відображений. Методисту повідомляється, що дана команда на поточний момент є недоступною. Прецедент розпочинається знову.

E-5: обраний план неможливо відредагувати. Прецедент розпочинається спочатку.

E-6: система не може видалити відповідний навчальний план. Інформація зберігається, Система може видалити відповідний об'єкт пізніше. Виконання прецеденту продовжується.

E-7: залишилися незаповнені поля чи формат даних не відповідає, передбаченому системою. Методист повинен відредагувати дані чи завершити прецедент.

E-8: система не може виконати друк даних. Методисту повідомляється, що ця опція на поточний момент недоступна. Прецедент розпочинається заново.

Документи з описом потоку подій формуються та зберігаються окремо від даних програми Rational Rose, але вони пов'язані з прецедентами.

Діаграми діяльності – відображають динаміку проекту і представляють собою схеми потоків управління в системі від дії до дії, а також паралельні дії та альтернативні потоки. Діаграми діяльності ілюструють дії, переходи між ними, елементи вибору та лінії синхронізації.

На рис. Б.2 наведено діаграму діяльності для дій зі створення навчального плану. Вона містить дії та переходи між ними. Також на діаграмі діяльності можна наводити умовні переходи, які визначають дії системи при виконанні чи невиконанні певної умови. За допомогою секцій, що поділяють діаграму на декілька ділянок, можна встановити, хто відповідає за виконання дій на кожній з них. Далі визначаються основні об'єкти системи та порядок дій при їх взаємодії. Для цього в UML-моделі використовуються діаграми Послідовності. Побудова розпочинається з розташування на ній об'єктів, які будуть обмінюватися повідомленнями. Спочатку потрібно розмістити об'єкти, які надсилають повідомлення, а потім об'єкти, що їх отримують. Приклад діаграми послідовності для створюваної автоматизованої системи формування навчального плану наведено на рис. Б.3. Аналогічно формуються діаграми для всіх подій. Система Rational Rose є визнаним лідером серед засобів віртуального моделювання, і її

використання дозволяє ефективно розробляти проекти інформаційних систем для різних сфер застосування.

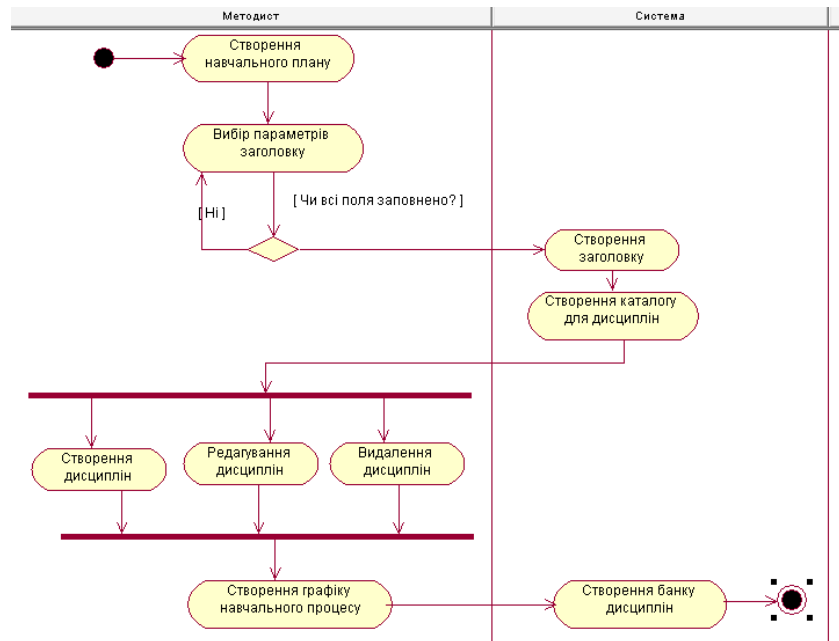


Рис. Б.2. Діаграма діяльності зі створення навчального плану

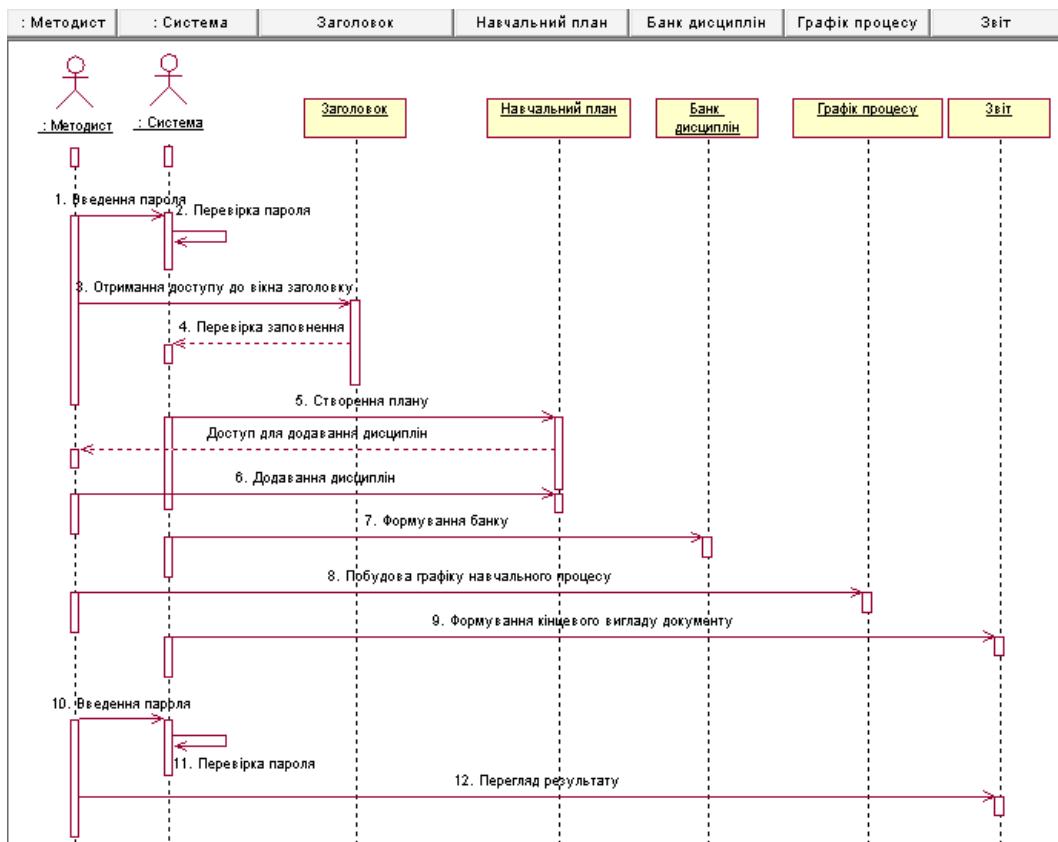


Рис. Б.3. Діаграма послідовності

МАТЕРІАЛИ ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ

Матеріали заповнено студентами – учасниками проекту.

З А П И Т 1

Назва проекту: Оснащення даху будівлі (університету) сонячними елементами

Конкурс: Курсова робота з дисципліни «Програмне забезпечення інформаційних систем та комплексів»

Організація: 5-В

Керівник проекту: Ч-кий О. В.

Виконавці: Б-р Д. К., К-нов Ю. З., Д-ка І. А.

1. Назва проекту

Оснащення даху будівлі (університету) сонячними елементами

2. Керівник проекту, Виконавці**3. Реферат (стислий виклад суті проекту) (українською мовою)**

На сьогодні однією з найбільш вагомих проблем розвинутих країн світу є незадовільний стан навколишнього середовища та глобальна нестача джерел енергії. В Україні, як ні в якій іншій країні, гостро відчувається ця проблема у зв'язку з недостатнім забезпеченням енергоресурсів власного видобутку. Тож високе енергоспоживання навчального корпусу № 3 ЧНУ ім. Б. Хмельницького, яке викликане тим, що в ньому розташована основна частина лабораторних аудиторій університету, наштовхнула групу науковців на ідею створення проекту з власного видобутку електроенергії. У розвинених країнах використання сонячних елементів як альтернативного джерела живлення та виробництва екологічно чистої електроенергії з кожним роком стає більш поширеним. Розміщення сонячних елементів на даху будівлі значно зменшить витрати електроенергії. Для більш ефективного виробництва сонячні елементи будуть розміщені на тих частинах покрівлі, де сонячна активність є найвищою протягом доби. Можливість цілодобового використання електроенергії, виробленої за цим методом, буде забезпечуватися завдяки встановленню акумуляторних батарей. Сонячні елементи виробляють постійний струм, який не є прийнятним для побутового використання. Тому виникає необхідність перетворювати струм з постійного на змінний, що є можливим за допомогою інвертора струму.

Today one of the most important problems of the developed countries remains the poor state of the environment and the global lacking of the sources of energy. Ukraine is one of those countries that especially suffer from this problem, as it produces an insufficient amount of energy resources of its own. So the high power consumption of the educational building №3 of the Cherkasy National University, caused by the fact that there are the majority of laboratories of the university, suggested a group of scientists to create a project of producing our own energy. In the developed countries, the usage of the solar panels as an alternative source of ecological energy becomes more popular year by year. Placing solar panels on the roof of the building will certainly reduce the charges for the electricity. For the sake of the most effective production of the energy, the solar panels

will be placed on the parts of the roof, where the solar activity is the highest during the day. We'll have the opportunity to use this kind of energy round the clock, due to the installation of the accumulative batteries. Solar panels produce direct current, that's why we need power inverter convert it into alternating one. This project requires considerable financial resources, but the reduction of the charges for the electricity will help to save state funds.

4. Ключові слова проекту

українською: сонячний елемент, інвертор, альтернативне джерело електроенергії, акумулятор, навчальний корпус, споживання енергії.

англійською: solar panel, power inverter, alternative source of energy, accumulative batteries, educational building, power consumption

5. Інтелектуальна власність

- Чи є автори проекту авторами наукової ідеї, на якій ґрунтується проект
- Наявність патентно-правового захисту розробки
- Наявність know-how
- Інше

6. Опис проекту

6.1. Мета проекту:

- розробити систему додаткового електропостачання шляхом розміщення на даху навчального корпусу сонячних елементів;
- зменшити витрати університету на електроенергію;
- видобувати екологічно чисту енергію, не забруднюючи середовища.

6.2. Сучасний стан проблеми у світі та в Україні:

Людство на сьогодні переживає енергетичну кризу – бажані потреби людства велектричній енергії у декілька разів перевищують видобуток. І це при тому, що остання цифра є майже фантастичною – 27–30 трлн кіловат-годин щороку. 80 % усієї енергії людство отримує, спалюючи вугілля, нафту та нафтопродукти, природній газ, торф тощо. Головним недоліком таких ресурсів є високий рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище. В Україні ситуація ускладнюється нестачею класичних джерел енергії власного видобутку для повного забезпечення всіх потреб. Тому доцільним є розвиток та впровадження у широкий ужиток альтернативних джерел енергії, зокрема сонячних елементів.

6.3. Основні ідеї, гіпотези, результати попередніх досліджень і розробок, які покладено в основу проекту. У процесі розроблення проекту використовувалися дослідження і розробки за темою перетворення сонячної енергії на електричну.

6.4. Наявна матеріально-технічна база: навчальний корпус, система електрифікації .

6.5. Необхідна матеріально-технічна база: сонячні елементи, акумуляторні батареї, інвертори, контролери заряду акумулятора.

6.6. Обґрунтування необхідності виконання проекту (науковий і соціальний ефект від виконання проекту, галузі можливого впровадження розробки): споживання електроенергії навчальним корпусом є досить високим, але фінансування не покриває всіх витрат. Тому встановлення на покрівлю будівлі

сонячних елементів дає можливість покрити значну кількість використаної електроенергії, а також зберегти навколишнє середовище.

7. Оцінювання стану проблеми (вказати відсотки)

- досліджено та обґрунтовано наукові аспекти 80 %
- досліджено та обґрунтовано технічні аспекти проекту 70 %
- розроблено робочу документацію 30 %
- досліджено та обґрунтовано економічні аспекти проекту 90 %
- наявність матеріально-технічної бази 10 %
- наявність необхідного персоналу та фахівців 15 %

8. Новизна, оцінювання:

Проект має частку новизни, тому що альтернативні джерела електроенергії не є поширеними на глобальному рівні. Проект має такі переваги: загальнодоступність і невичерпність джерела; повна безпека для навколишнього середовища; довгий строк служби (фотоелементи мають термін служби 30–50 років). Проте є також і недоліки: залежність від погоди і часу доби, як наслідок, необхідність акумуляції енергії; висока вартість конструкції; необхідність періодичного очищення поверхні.

9. Прогноз використання результатів: Очікується часткове або повне покриття потреб в електроенергії залежно від пори року та погоди.

10. Основні фінансові аспекти проекту

Статті витрат	На період виконання проекту (56 днів), грн
1. Витрати на оплату праці	31325
2. Матеріали	3981000
3. Витрати на роботи, які виконуються сторонніми організаціями і підприємствами	10825
4. Інші витрати	4908,25
5. Всього витрат	4028058,25

ЗАПИТ 2

Назва проекту: Електронний ресурс «Віртуальний університет» для ЧНУ ім. Б. Хмельницького

Конкурс: Курсова робота з дисципліни «Програмне забезпечення інформаційних систем та комплексів»

Організація: 5-В

Керівник проекту: О-ч Л. М.

Виконавці: Ц-на М. О., М-к С. В.

1. Назва проекту

Електронний ресурс «Віртуальний університет» для ЧНУ ім. Б. Хмельницького

2. Керівник проекту

3. Виконавці

4. Реферат (стислий виклад суті проекту)

«Віртуальний університет» – це електронний портал, що призначатиметься для відображення організації та оптимізації робочого та навчального процесів

університету. Широкі інформаційні, комунікативні, управлінські можливості, що надаватиме реалізований електронний ресурс, зможе використовувати численна аудиторія користувачів – викладачів та працівників університету, студентів денної, заочної, дистанційної форм навчання та їхніх батьків, а також майбутніх абітурієнтів, школярів та всіх охочих ознайомитись з функціонуванням університету ЧНУ ім. Б. Хмельницького.

Сайт «Віртуальний університет» міститиме як загальну інформацію щодо університету ЧНУ ім. Б. Хмельницького, так і розширену інформацію про структурні підрозділи університету. Актуальним і динамічним у цих представленнях буде відображення новин та важливої інформації для кожного підрозділу на його спеціальній сторінці порталу, а не лише на головній сторінці для університету. Таким чином можна буде дізнаватись вчасно про всі новини та події, стежити за подіями університету в цілому і для кожного інституту, факультету та інших підрозділів окремо.

Можливості електронного ресурсу «Віртуальний університет» для ЧНУ ім. Б. Хмельницького дозволять викладачам, працівникам університету, студентам, батькам, абітурієнтам та школярам дізнаватись потрібну інформацію та новини, вчасно, швидко і доступно користуватись всіма матеріалами, необхідними для навчання та роботи, стежити за дозвіллям та брати активну участь в університетському житті.

5. Ключові слова проекту

Віртуальний університет, підрозділ університету, користувач, електронний ресурс, файлообмінна система, електронний журнал.

6. Опис проекту

Портал «Віртуальний університет» складатиметься з декількох функціональних блоків: адміністративного, користувацького, файлообмінної системи, підрозділів університету, бази даних студентів, працівників університету та електронних журналів. Адміністративний блок призначатиметься для користування адміністраторами сайту, які звідси зможуть керувати роботою порталу. Користувацький блок становитиме частину порталу, якою зможуть користуватися всі зареєстровані користувачі. Файлообмінна система призначена для розміщення та завантаження навчальних матеріалів, файлів з необхідною інформацією для користувачів порталу.

Блок підрозділів університету міститиме загальну та спеціалізовану інформацію та новини про університет і його підрозділи. Блок бази даних та електронних журналів складатиметься з бази персональних даних студентів та працівників університету, з журналів електронного обліку успішності, навчального навантаження та відвідування студентів.

6.1. Мета проекту:

- автоматизувати процес навчання;
- поширювати новини та інформацію про університет;
- відтворити структуру навчального закладу та визначити перелік навчальних дисциплін;
- вести електронний облік успішності, відвідування студентів, навантаження викладачів;

- створити базу даних студентів та працівників університету;
- надати можливість створення файлообмінної системи.

6.2. Сучасний стан проблеми у світі та в Україні:

Поєднання освітніх та інформаційних технологій дозволяє оптимізувати процес навчання. У світі така тенденція поширена, для України ж вона поки що перебуває на етапі становлення, тому актуально розробляти проекти, пов'язані з автоматизацією навчального процесу, доступним поширенням навчальних матеріалів та інформуванням широкої аудиторії учасників освітньої ланки.

Активне поширення та використання нових інтерактивних технологій пов'язане також зі спрощенням доступу до них, зокрема через комп'ютерні ресурси та Інтернет.

Процес оптимізації навчання зосереджений на комп'ютеризації, саме тому зараз відбувається впровадження комп'ютеризованих систем навчання, які поєднують самостійну пізнавальну діяльність учнів та студентів з настановчою, систематичною взаємодією з учителями та викладачами. Web-орієнтовані ресурси для навчання не тільки вдосконалюють процес навчання, а і забезпечують спрощення, швидкодію та доступність знань, сприяють розробленню і впровадженню нових методів навчання.

6.3. Основні ідеї, гіпотези, результати попередніх досліджень і розробок, які покладено в основу проекту: електронний ресурс «Віртуальний університет» розроблятиметься на базі сайту ЧНУ ім. Б. Хмельницького – www.cdu.edu.ua.

6.4. Наявна матеріально-технічна база: офісне приміщення, підключення до Інтернету.

6.5. Необхідна матеріально-технічна база: шість комп'ютерів, Wi-Fi-маршрутизатор, два сервери.

6.6. Обґрунтування необхідності виконання проекту (науковий і соціальний ефект від виконання проекту, галузі можливого впровадження розроблення): електронний ресурс «Віртуальний університет» допоможе викладачам та працівникам університету, студентам денної, заочної, дистанційної форм навчання та їхнім батькам, а також майбутнім абітурієнтам, школярам та всім охочим ознайомитись і бути в курсі подій функціонування університету ЧНУ ім. Б. Хмельницького, мати вільний доступ до ресурсів файлообмінної системи з будь-якої точки доступу до Інтернету, переглядати інформацію електронних журналів та спілкуватись з колегами.

7. Оцінювання стану проблеми (вказати відсотки)

- досліджено та обґрунтовано наукові аспекти 70 %
- досліджено та обґрунтовано технічні аспекти проекту 50 %
- розроблено робочу документацію 10 %
- досліджено та обґрунтовано економічні аспекти проекту 60 %
- наявність матеріально-технічної бази 10 %
- наявність необхідного персоналу та фахівців 100 %

8. Новизна, оцінювання:

- незначні витрати на розроблення та впровадження електронного ресурсу;

- швидкість та висока якість надання/викладання навчальних матеріалів;
- залучення більшої кількості абітурієнтів;
- зручний інтерактивний інтерфейс;
- доступ до системи з Інтернету дозволяє брати участь у навчальному процесі з будь-якої точки підключення;
- збільшення конкурентоздатності навчального закладу та застосування в роботі новітніх сучасних інформаційних технологій.

9. Прогноз використання результатів: активне користування ресурсом численної аудиторії викладачів та співробітників університету, студентів; залучення щороку дедалі більшої кількості абітурієнтів та зацікавлених університетом користувачів.

10. Організація-виконавець

Установа 5-В

Підпорядкованість Кафедра АКІТ ННІ ФМ КІС ЧНУ ім. Б. Хмельницького
Поштова адреса 18031, м. Черкаси, б-р Шевченка, 79, корпус № 3, ауд. 309
WWW сторінка <http://www.physmath.cdu.edu.ua/>

11. Основні фінансові аспекти проекту

Статті витрат	На період виконання проекту (73 дні), грн
1. Витрати на оплату праці	35 360
2. Відрахування на соціальне страхування	8 840
3. Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт	20 000
4. Інші витрати	36 227,5
5. Накладні витрати	1 000
6. Всього витрат	101 427,5

РОБОТА В СЕРЕДОВИЩІ NI SIGNAL EXPRESS

Ліва панель робочого вікна середовища NI Signal Express слугує для відображення порядку виконання операцій (рис. Г.1), а права панель – для перегляду даних, отриманих та оброблених у ході виконання проекту; налаштування операцій, створення і перегляду супровідної документації.

Проекти в середовищі NI Signal Express можуть виконуватися у двох режимах – циклічному чи однократному. По мірі виконання кроків дані на панелі перегляду будуть оновлюватися. При виконанні заданих дій допускається зміна налаштувань параметрів вимірювань, які негайно приймаються NI Signal Express.

Усі групи дій, що можуть виконуватися в даному пакеті, представлено на панелі Add Step (рис. Г.1), яка містить й операції ідентифікації (Add Step – System Identification). До них належать дії з попередньої обробки сигналів (Preprocessing), оцінювання моделі (Model Estimation), аналізу моделі (Model Analysis) та імпорту–експорту моделі (Import-Export Model).

Повертаючись до питання оснащення робочих місць студентів сучасним апаратним забезпеченням, вважаємо за необхідне зосередити увагу на можливості використовувати віртуальні вимірювальні пристрої, яка підтримується пакетом NI System Identification Assistant. Так, для генерації досліджуваного масиву даних можна використовувати канали, попередньо створені за допомогою NI DAQ (NI).

NI DAQ – це інструментальний драйвер, що постачається разом з вимірювальними пристроями National Instruments та становить бібліотеку функцій та віртуальних пристроїв. Ці функції можна викликати безпосередньо з середовища LabVIEW та автономних програмних засобів.

Для того щоб імітувати пристрій DAQmx, необхідно в дереві конфігурації Measurement & Automation Explorer (MAX) знайти пункт Devices and Interfaces і вибрати команду Create New (рис. Г.2 (а)). Після цього з'явиться вікно вибору доступних для користувача приладів та інтерфейсів, де потрібно обрати опцію NI-DAQmx Simulated Device (рис. Г.2 (б)).

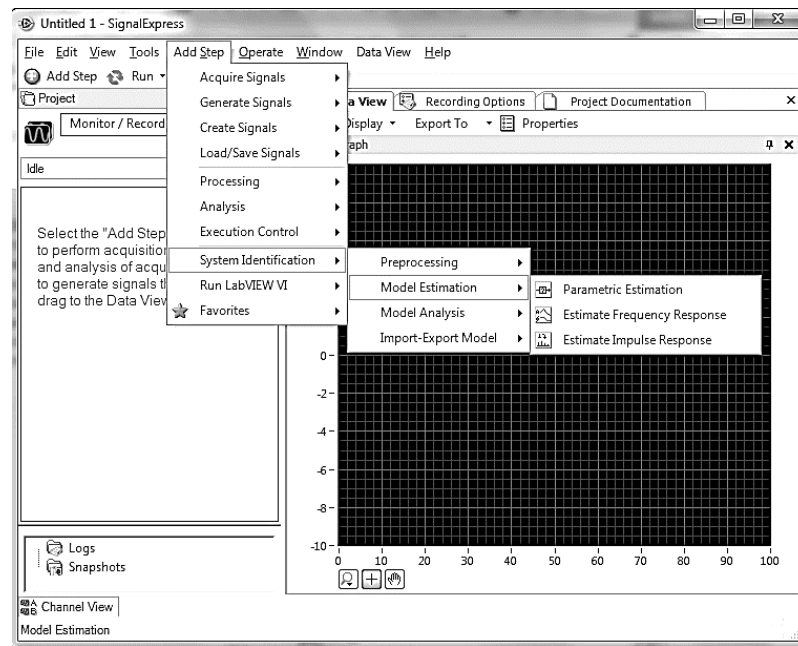
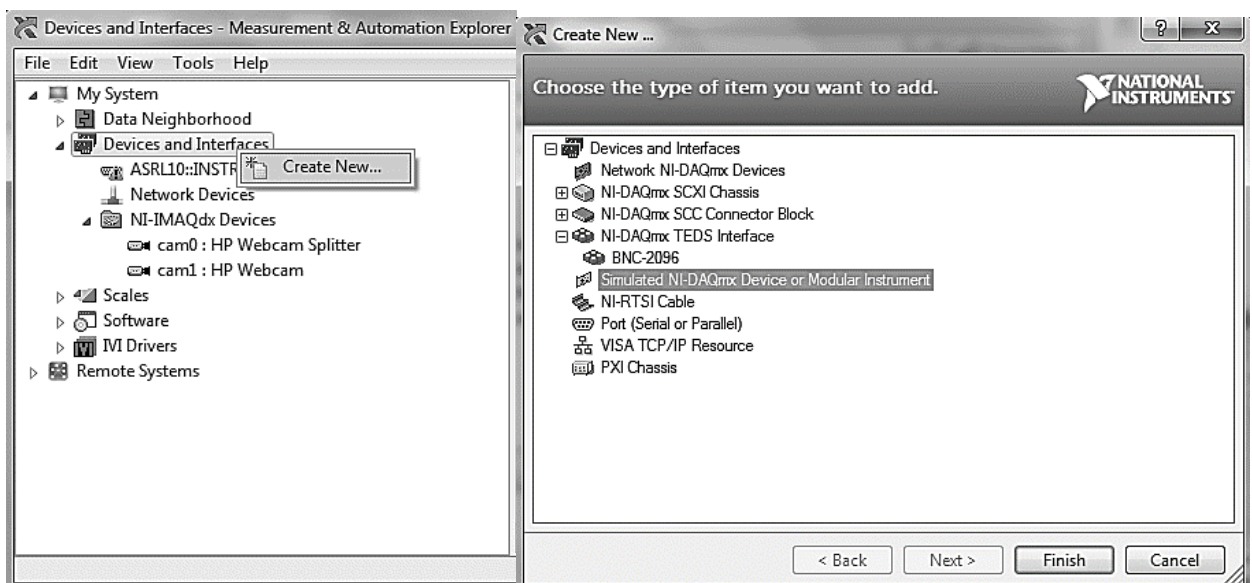


Рис. Г.1. NI Signal Express з установленим розширенням System Identification



(a)

(б)

Рис. Г.2. Створення віртуального вимірювального пристрою в Measurement & Automation Explorer (MAX)

Далі обираємо необхідний пристрій з наведеного переліку (рис. В.3 (а)), що включає реальні пристрої збору даних різних серій. Таким чином, студенти можуть розробляти та налаштовувати програмне забезпечення, орієнтоване на пристрої, якими їх робочі місця можуть бути оснащені згодом. Створений віртуальний пристрій буде відображатися в списку Devices and Interfaces (рис. Г.3(б)).

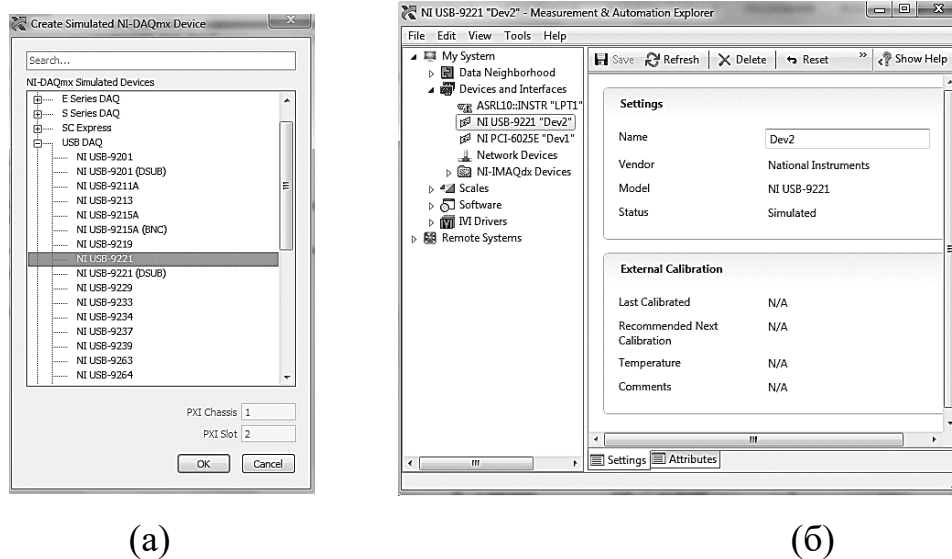


Рис. Г.3. Відображення імітованого пристрою в MAX

Налаштування створеного пристрою можна здійснити безпосередньо в MAX або перейшовши до NI System Identification Assistant (рис. Г.4). Процедура налаштування передбачає вибір типу вимірюваних даних (напруга, температура, деформація тощо). У нашому випадку імітується пристрій збору даних на основі вибору таких параметрів: аналоговий вхід, температура, термопара (рис. Г.4). Після вибору параметрів пристрою збору даних відкривається вікно, що містить перелік імітованих пристроїв збору даних та їх фізичних каналів (рис. Г.5). Створена операція DAQmx Acquire відобразиться на лівій панелі робочого вікна середовища NI Signal Express (рис. Г.6).

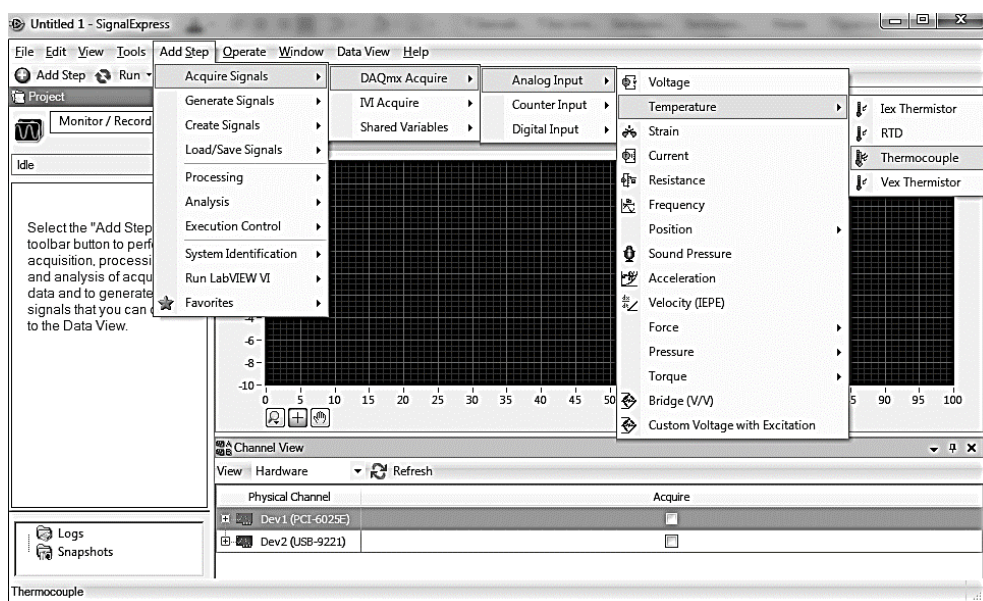


Рис. Г.4. Налаштування імітованого пристрою збору даних

Наступним кроком є налаштування безпосередньо процедури збору даних, що в нашому випадку передбачає вибір граничних вимірюваних значень, типу термопари та способу збору (скінченний масив даних заданого розміру чи неперервний збір даних).

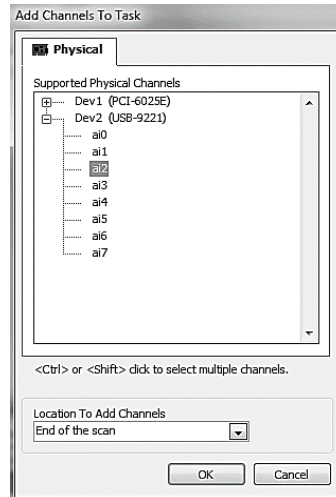


Рис. Г.5. Вибір фізичного каналу імітованого пристрою

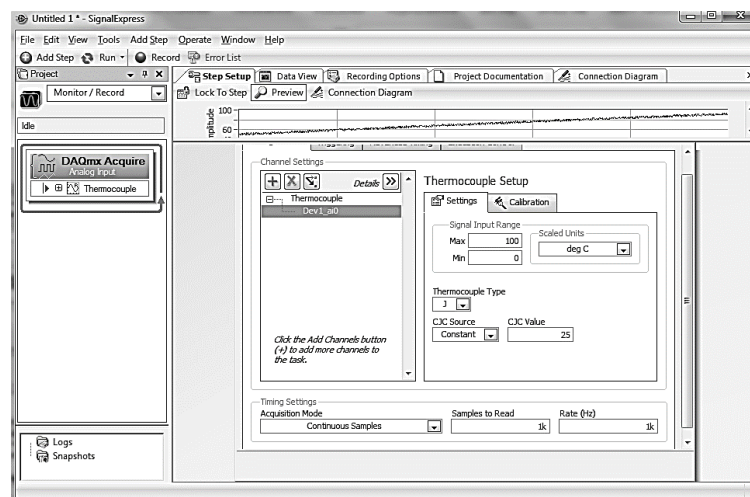


Рис. Г.6. Вікно редагування процедури збору даних

Для перегляду отриманих даних потрібно перетягнути мишкою операцію DAQmx Acquire на панель Data View та запустити проект на виконання (команда Run) (рис. Г.7). Оскільки задача ідентифікації передбачає роботу з двома масивами даних (стимулюючий сигнал та сигнал відгуку), необхідно повторити описані дії. Зазначимо, що для однієї задачі можна імітувати й інші типи даних, пересвідчившись, що кількість елементів масивів однакова. Здійснення процедури ідентифікації розпочинається з виділення тренду (постійної складової) даних (Add

Step – System Identification – Preprocessing – Detrend Data). На рис. Г.8 приведено налаштування операції та результат її виконання.

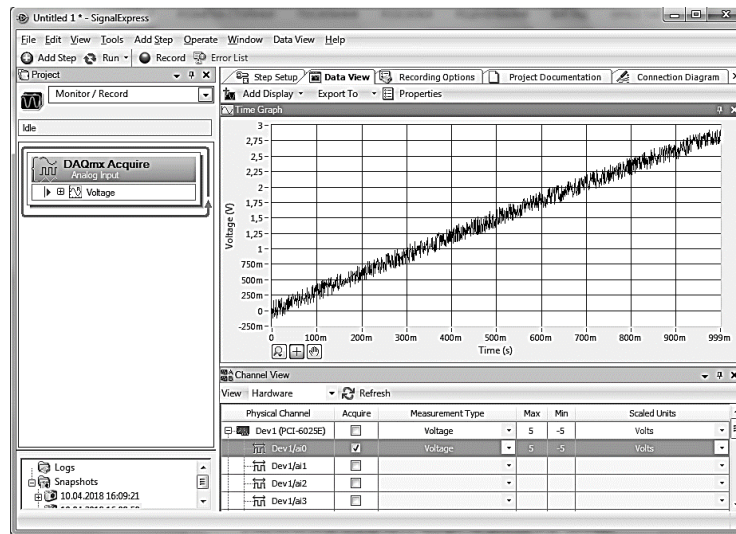


Рис. Г.7. Відображення імітованих даних

Вибір параметрів операції та масивів, що піддаються обробці, здійснюється за допомогою випадючих меню. Наступним кроком є виконання параметричного оцінювання моделі (Add Step – Model Estimation – Parametric Estimation). Вікно попереднього перегляду створеної моделі наведено на рис. Г.9. На першому графіку вікна попереднього перегляду відображено масив даних, що обробляється, а також дані, отримані шляхом моделювання відповідно до побудованої моделі.

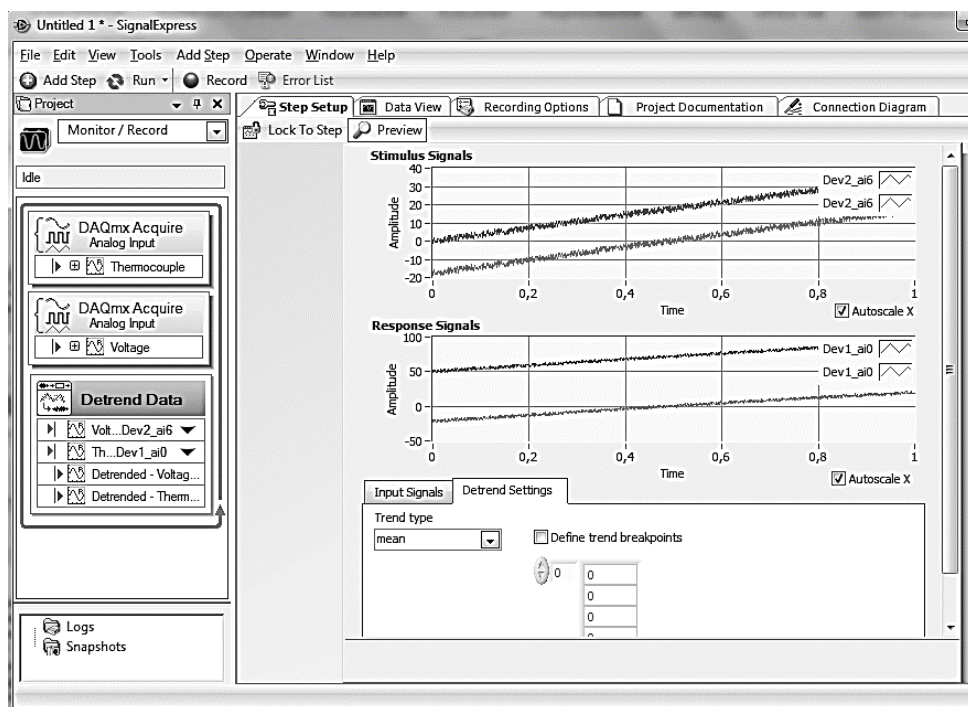


Рис. Г.8. Налаштування операції виділення тренду

На другому графіку наведено похибку моделювання. За допомогою вказаної команди користувач може задати сигнал, що обробляється, та обрати тип моделі у випадаючому меню на закладці Input Signals and Model Type (рис. Г.10).

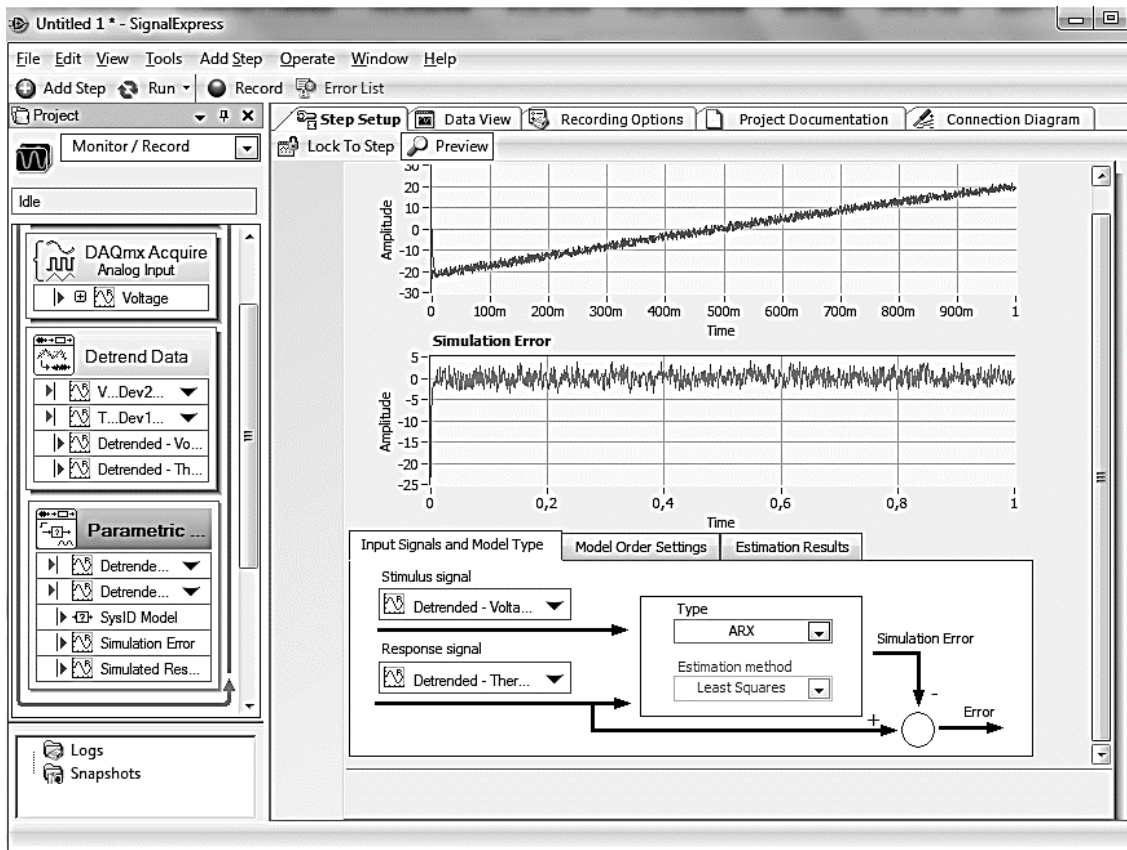


Рис. Г.9. Попередній перегляд створюваної моделі

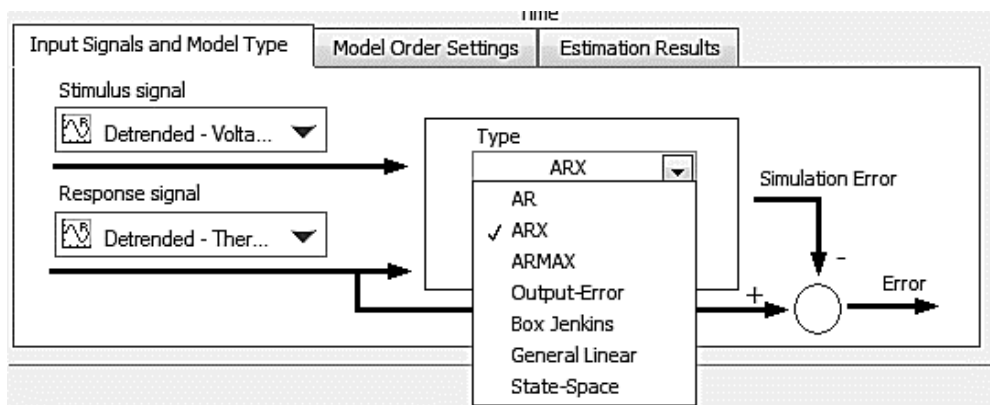
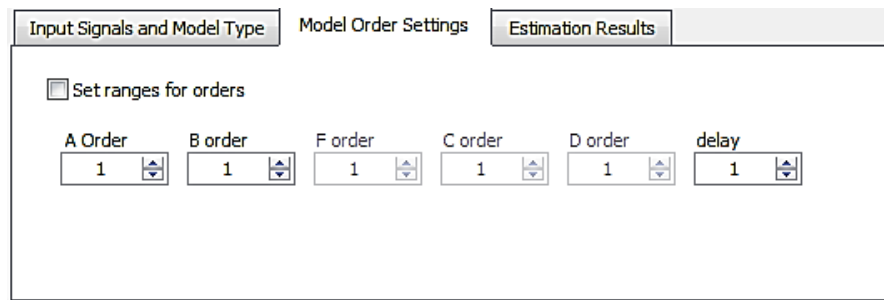


Рис. Г.10. Вибір типу моделі

На наступній закладці Model Order Settings (рис. Г.11 (а)) користувач може встановити значення порядку для коефіцієнтів моделі, а на закладці Estimation Result (рис. Г.11 (б)) переглянути результати виконання команди.



(a)

A	B	delay	FPE	AIC	MDL
1	1	1	1,68477267	1,68475922	1,70123011

(б)

Рис. Г.11. Закладки Model Order Settings (a) та Estimation Result (б)

Наступним кроком процедури ідентифікації є аналіз моделі та перевірка її достовірності. Проаналізувати створену модель можна за допомогою операцій Add Step – Model Analysis, що включають такі операції, як побудова Бодє-діаграм, діаграми Найквіста та ін. Пакет NI System Identification Assistant надає можливість зберегти побудовану модель у різних форматах. Для цього використовується команда Add Step – Import-Export Model. Можна вибрати один з трьох варіантів, а саме зберегти побудовану модель ідентифікації (Save System Identification Model), завантажити в проект вже наявну модель (Load System Identification Model) або конвертувати розробку в модель системи контролю (Convert to Control Design Model). Використаємо останню з перерахованих функцій для отримання графічного зображення моделі та її рівняння. Для виведення отриманого результату скористаємося операцією Display (рис. Г.12), за допомогою якої відображається текстова інформація та відповідні діаграми проекту.

Як зазначалося раніше, створену засобами NI System Identification Assistant програму ідентифікації (розширення *.seproj) можна автоматично перетворити на програму LabVIEW (розширення *.lvproj), виконавши наступні дії Tools – Generate

Code – LabVIEW Diagram. На виході користувач отримує систему з'єднаних блок-діаграм LabVIEW, які відповідають алгоритму виконання проекту в NI System Identification Assistant (рис. Г.13), та лицьову панель, що містить елементи для введення та відображення даних.

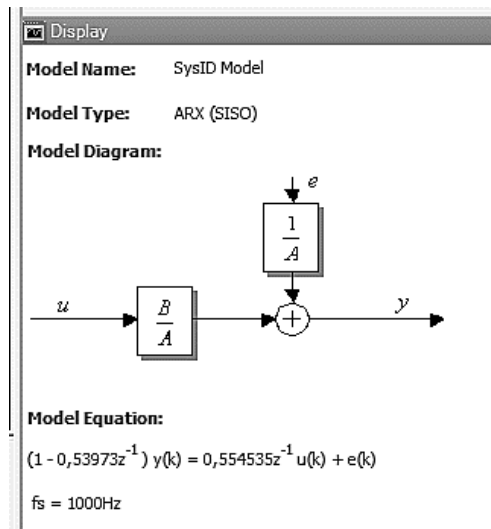


Рис. Г.12. Структура та математичний опис моделі

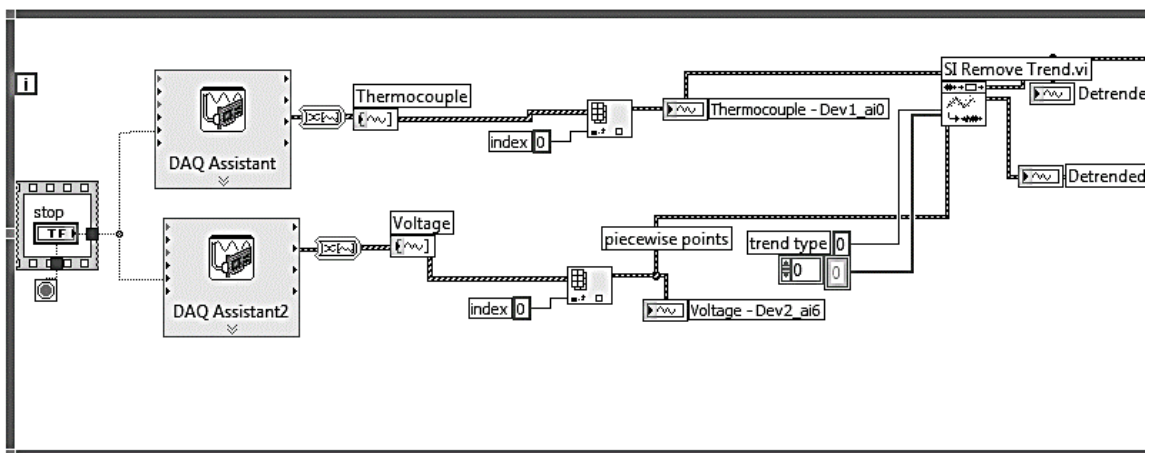


Рис. Г.13. Згенерована блок-діаграма LabVIEW

Перетворення займає певний час залежно від складності вихідної програми. Надалі студент отримує можливість редагувати створену програму LabVIEW, змінюючи налаштування елементів чи підключаючи інші масиви для обробки.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ NI LABVIEW У ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ СТАТИСТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Результатом фізичного експерименту є ряд послідовних даних, який прийнято називати вибіркою. Такі дані можуть виражати найрізноманітніші фізичні параметри – напругу, температуру тощо. Кількість елементів низки визначає розмір вибірки. Отриманий масив можна записати у вигляді таблиці чи представити графічно різними способами. Експериментальну вибірку прийнято характеризувати параметрами, які насамперед указують на центр групування елементів вибірки на числовій осі, а також на ступінь їх розсіювання відносно центру. До основних параметрів належать середнє арифметичне значення, середнє геометричне, а також центр розмаху, медіана, мода тощо. Розсіювання вибірки характеризують розмахом, вибірковою дисперсією, коефіцієнтом асиметрії значень вибірки. У математичній статистиці такі параметри називають точковими, оскільки вони виражаються одним числом і вказують на певне місце в експериментальному розподілі. Обробка масиву отриманих експериментальних даних передбачає виконання низки дій, а саме розрахунок статистичних параметрів сукупностей даних, перевірку узгодженості отриманих експериментальних параметрів із теоретичними, перевірку нормальності та однорідності експериментальних вибірок, виключення даних, що є аномальними, тощо. Розроблення програмного модулю засобами LabVIEW дозволить виконувати обробку даних у єдиному циклі проведення експерименту.

Д.1. Формування вхідних масивів

Сукупність даних для нашої програми може бути отримана безпосередньо від вимірювального пристрою. Система LabVIEW може працювати з автономними вимірювальними приладами, які мають цифровий вихід для спряження з комп'ютером. Зв'язок комп'ютера з приладами здійснюється через спеціальну плату контролера каналу спільного користування, або через порти. Відповідно, середовище LabVIEW містить набір підпрограм віртуальних пристроїв, що

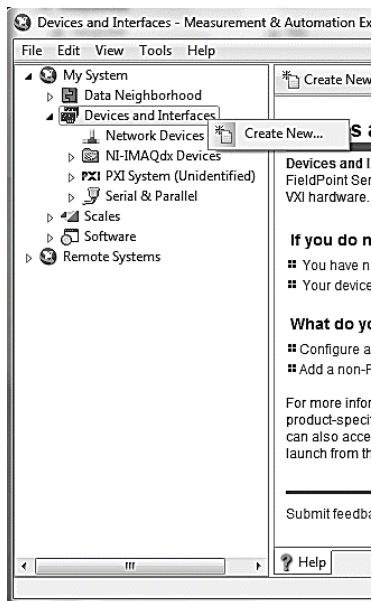
дозволяють збирати і посилати дані на DAQ-пристрої (DAQ (Data Acquisition) – збір даних). Вимірювальна система на основі DAQ-пристроїв загального призначення відрізняється тим, що програмне забезпечення, встановлене на комп'ютері, використовується безпосередньо в процесі вимірювань. Пристрій збору даних лише перетворює вхідний аналоговий сигнал на цифровий, який може бути сприйнятий комп'ютером. Це означає, що один і той самий пристрій збору даних може виконувати різноманітні вимірювання всього лише шляхом заміни прикладної програми, яка зчитує дані. Окрім збору даних, програмне забезпечення подібних систем застосовується також для обробки даних і відображення результатів.

Починаючи з версії 7.4 драйвера DAQmx, з'явилась можливість імітувати пристрої DAQmx за допомогою MAX (Measurement and Automation Explorer). Пристрій DAQmx, що імітується, є програмною моделлю пристрою збору даних. Measurement and Automation Explorer – це елемент Windows, що встановлюється разом з драйверами National Instruments. Він використовується для конфігурації апаратних засобів і програмного забезпечення, для системної діагностики, додавання нових каналів і інтерфейсів, а також для перегляду списку підключених пристроїв. Для того, щоб імітувати пристрій DAQmx, необхідно в дереві конфігурації M знайти пункт Devices and Interfaces і вибрати команду Create New (рис. Д.1 (а)). Після цього з'явиться вікно вибору доступних для користувача приладів та інтерфейсів. У цьому списку потрібно обрати NI-DAQmx Simulated Device (рис. Д.1 (б)).

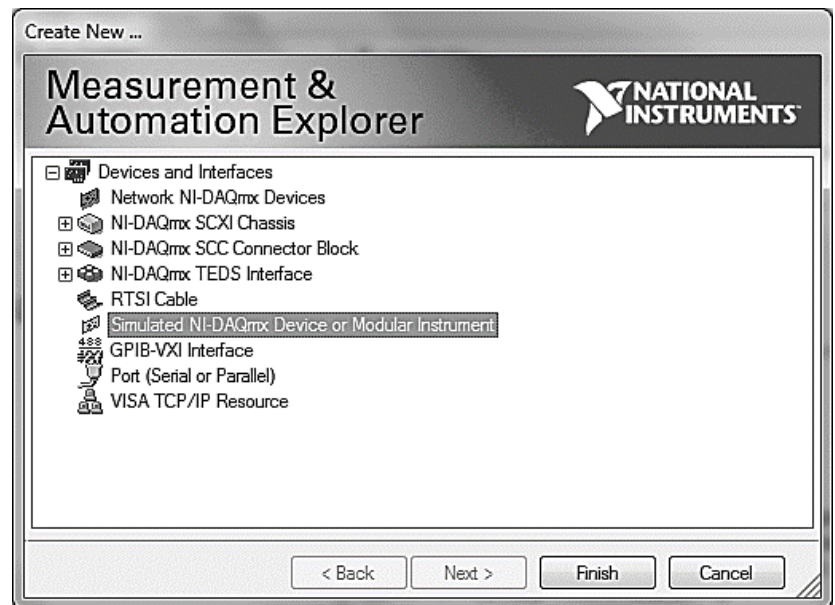
На рис. Д.2 (а) наведено вікно вибору пристрою, який буде імітовано засобами NI-DAQmx. Пристрої збору даних Е-серії призначені для налаштування портативних та мобільних вимірювальних систем середньої швидкодії. Плата АЦП PCI-6025Е має 16 однопровідних чи 8 диференціальних аналогових входів з діапазоном від $\pm 0,05$ В до ± 10 В, АЦП 12 біт, 200 кГц, два ЦАП, 12 біт, 8 дискретних ліній та два таймери лічильники по 24 біти.

На рис. Д.2 (б) наведено відображення імітованого пристрою в Measurement and Automation Explorer. Він відображається в категорії Devices and Interfaces, яка

може містити як реальні пристрої, використання яких здійснюється під управлінням Measurement and Automation Explorer, так й імітовані, за його допомогою.



(a)

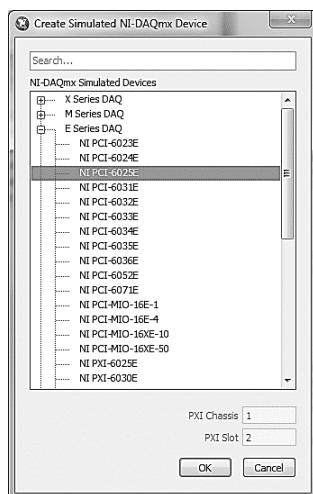


(б)

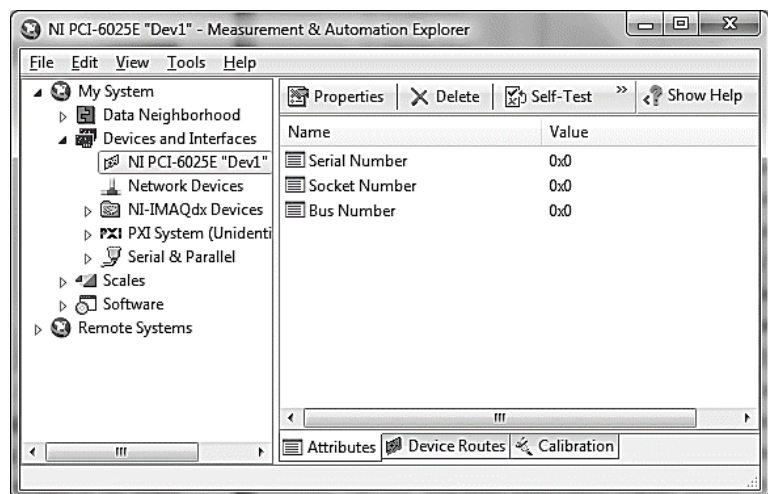
Рис. Д.1. Основне вікно Measurement & Automation Explorer

Наступним кроком розроблення програмного забезпечення є підключення створеного пристрою безпосередньо в LabVIEW.

Для роботи з елементами систем збору даних LabView використовує елемент DAQ Assistant (палітра Functions – Measurement I/O – DAQmx-Data Acquisition), піктограма якого приведена на рис. Д.3 (а).



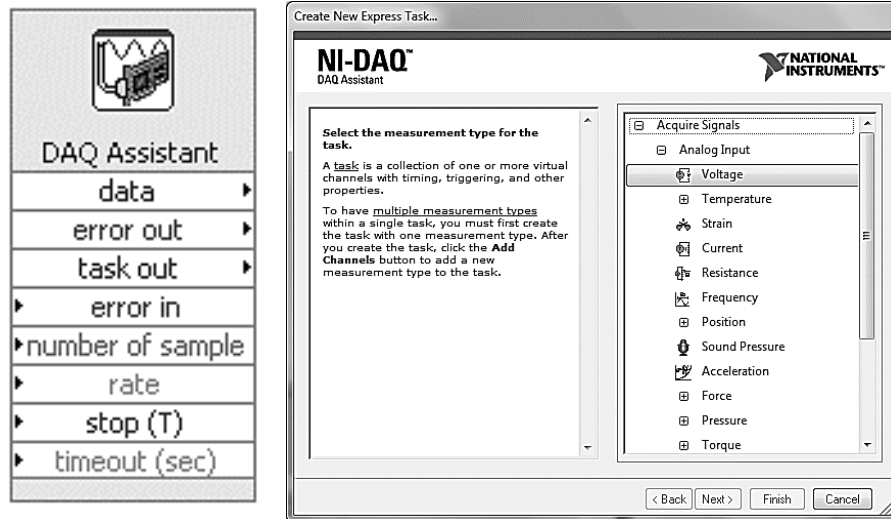
(a)



(б)

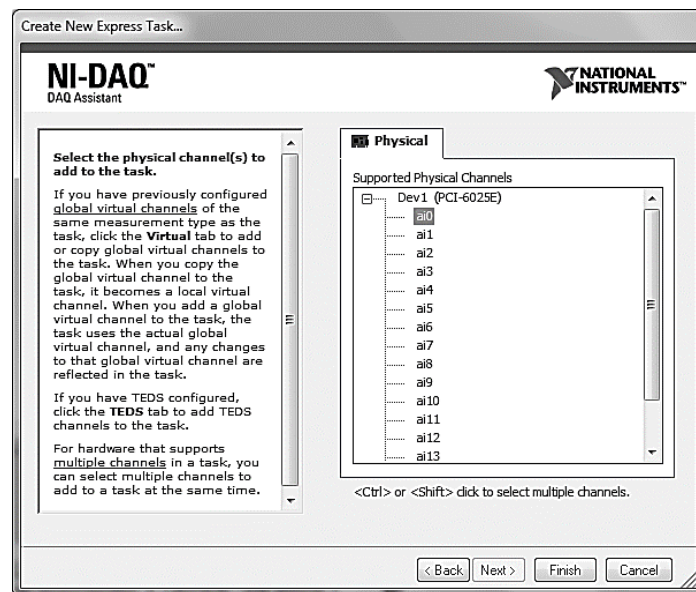
Рис. Д.2. Відображення імітованого пристрою в MAX

У вікні DAQ-Assistant (рис. Д.3 (б)) обирається тип сигналу та тип даних, збір яких буде імітуватися. Тоді з'являється вікно з переліком доступних приладів і списком наявних фізичних каналів (рис. Д.3 (в)). У нашому прикладі ми обрали варіант Acquire Signals – Analog Input – Voltage.



(a)

(б)



(в)

Рис. Д.3. Налаштування імітованого пристрою за допомогою DAQ Assistant

На рис. Д.4 приведено вікно налаштування властивостей вимірювального каналу, де встановлюються назва каналу, діапазон вхідного сигналу (Signal Input Range), режим збору даних (виконання серії з N вимірювань чи неперервний збір даних) тощо. На рис. Д.5 приведено фрагмент програми, що працює з DAQ Assistant.

На етапі розроблення та тестування програмного забезпечення зручно використовувати вже згенерований масив (чи масиви) випадкових значень. Отриманий масив є генеральною вибіркою, яка розподіляється на підвибірки, що зберігаються в одному чи декількох окремих файлах.

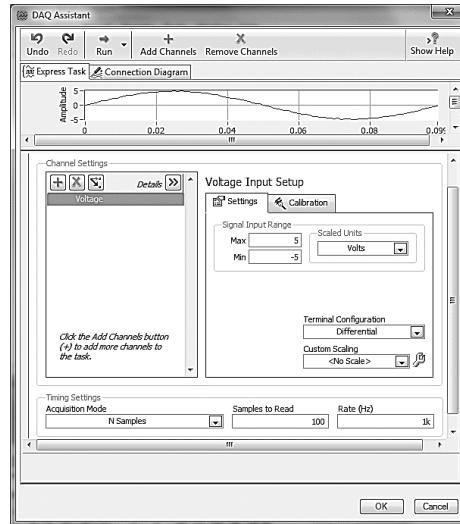


Рис. Д.4. Вікно налаштування властивостей вимірювального каналу

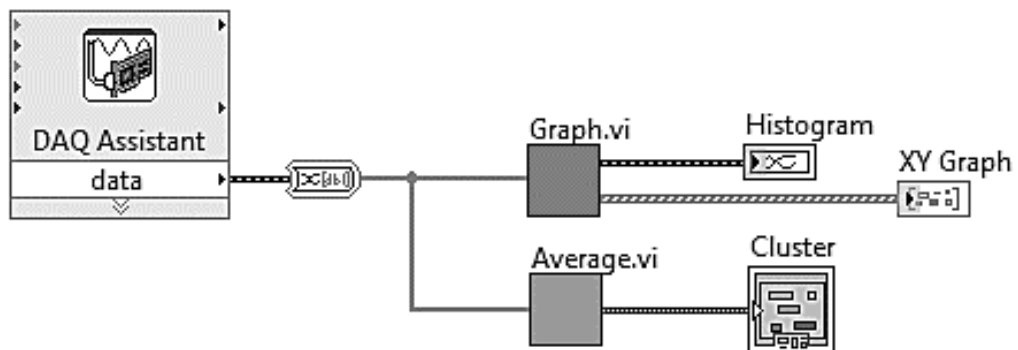


Рис. Д 5. Блок звернення до DAQ Assistant

LabVIEW підтримує роботу з декількома типами файлів даних, зокрема з текстовими файлами трьох типів. Команди LabVIEW дозволяють записувати (зчитувати) одиночні значення (Text File), одно- та двовимірні масиви чи матриці (Spreadsheet File) та файли збору даних (Measurement File).

У нашому випадку ми використовуємо команди ReadFromSpreadsheet.vi та WriteToSpreadsheetFile.vi. Ім'я файла складається з числового значення (зручно, щоб воно відповідало ітерації циклу) та розширення .txt. Також програмно прописується шлях до папки, що містить файли даних. На виході елементу ReadFromSpreadsheetFile.vi ми отримуємо двовимірний масив. Далі ми можемо

вирізати з цього масиву окремі фрагменти для подальшої обробки за допомогою елементу Index Array. Звичайно, найпростішим є випадок, коли файл даних містить один рядок (стовпчик), що відповідає одному експерименту.

На рис. Д.6 наведено фрагмент програми, що відповідає за зчитування даних з файла. У випадку, коли обробляється декілька вибірок за однаковим алгоритмом, блок звернення до файлів даних розміщується у циклі, кількість ітерацій якого відповідає кількості файлів, що обробляються.

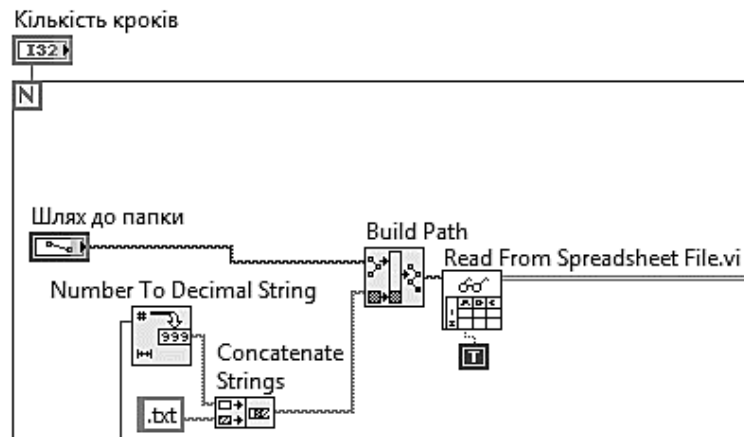


Рис. Д.6. Блок звернення до файлу даних

Д.2. Розроблення набору підпрограм

Повторювані для різних масивів дії зручно представляти, використовуючи підпрограми, спрощуючи таким чином структуру програми.

Підпрограма в LabVIEW розробляється аналогічно до звичайної програми, але для вхідних та вихідних даних встановлюється відповідність між функціональними елементами та виводами іконки. На рис. Д.7 (а) та (б) приведено блок-діаграму підпрограми Average.vi та її лицьову панель відповідно. За допомогою елементу StdDeviation and Variance.vi (Functions – Mathematics – Probability & Statistics) розраховуються середнє значення для вибірки, стандартне відхилення та вибіркова дисперсія.

У правому верхньому куті вікна лицьової панелі підпрограми Average.vi (рис. Д.7 (б)) приведено вигляд іконки після присвоєння зв'язків (у режимі Show Connector). Підпрограма має один вхідний та один вихідний контакти. Вхідний має тип масиву дійсних значень, а вихідний – кластер трьох дійсних значень.

Використання кластерів дозволяє зменшити кількість контактів іконки і, відповідно, спростити схему.

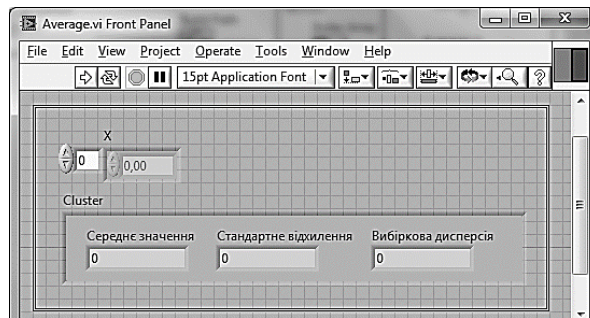
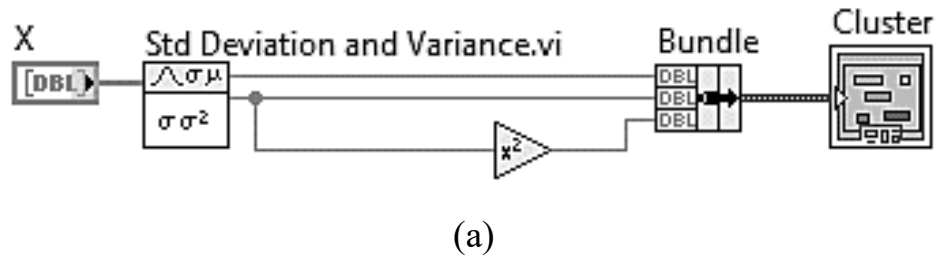


Рис. Д.7. Блок-діаграма (а) та лицьова панель (б) підпрограми знаходження середніх значень

На рис. Д.8 приведено фрагмент основної програми з підключеним елементом Average.vi. Елемент Index Array використовується для виділення з повного масиву даних одного рядка (тобто даних одного експерименту).

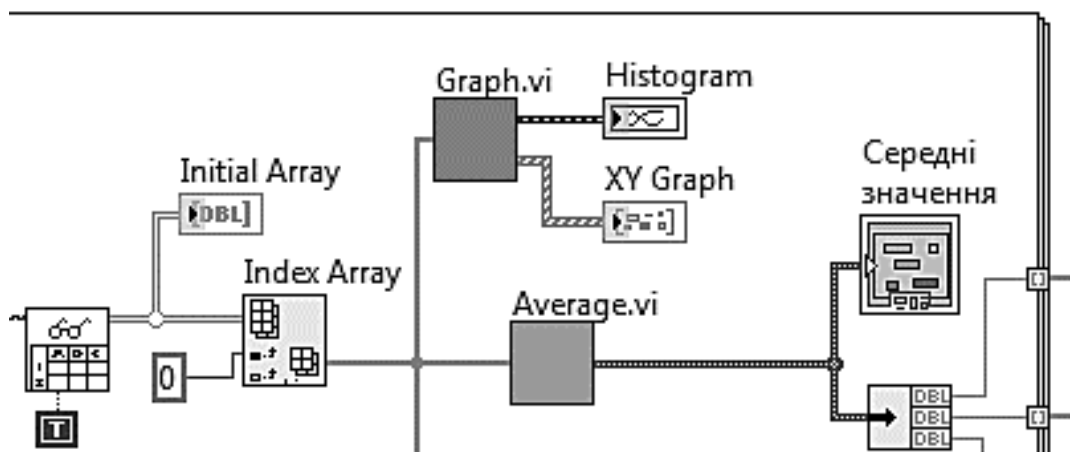


Рис. Д.8. Блок звернення до підпрограми Average.vi

Далі цю підпрограму можна використати для знаходження середнього зваженого значення з декількох вибірок, вибіркової дисперсії середнього значення тощо. При цьому величини, що формують кластер, розділяються за допомогою елементу Unbundle і виводяться за цикл. На рис. Д.9 приведено вигляд лицьової

панелі основної програми. На ній відображається кластер розрахованих середніх значень та графічні елементи для представлення вибірки різними способами.

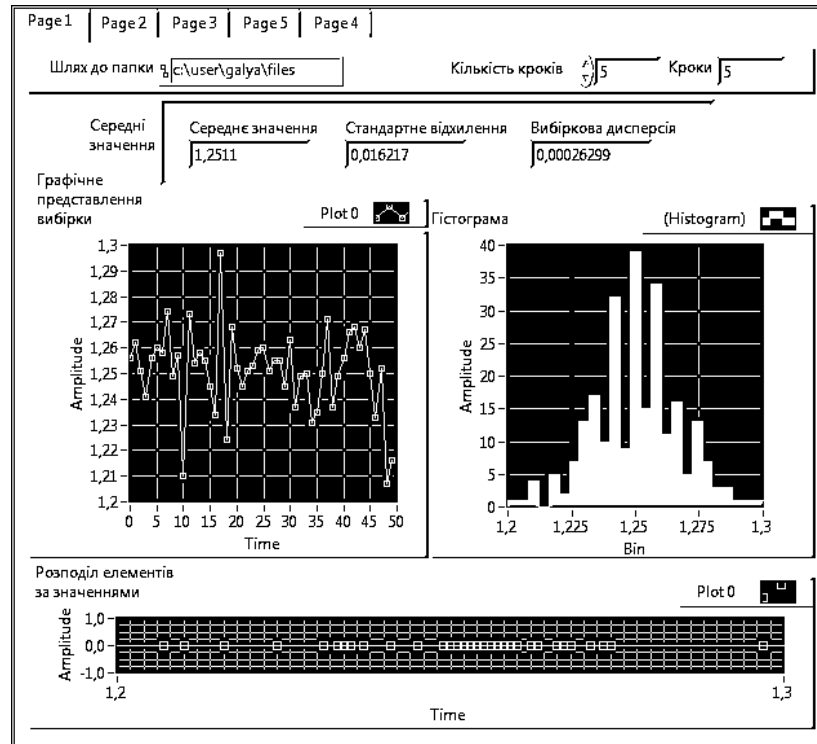


Рис. Д.9. Лицьова панель основної програми

Підпрограма Graph.vi (рис. Д.10) використовує дуже зручні елементи Create Histogram та Build XY Graph з палітри Express – Signal Analysis.

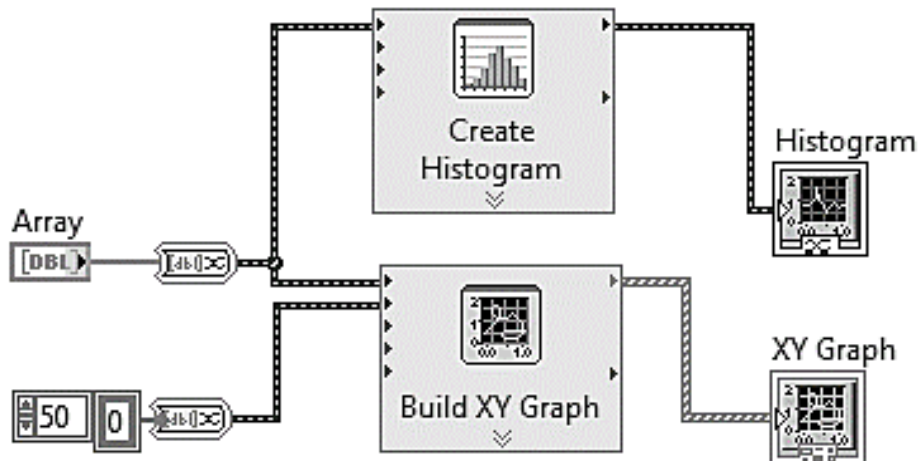
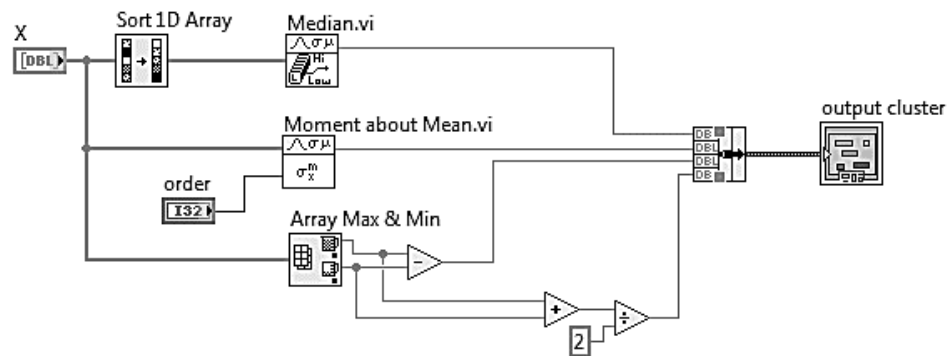


Рис. Г.10. Блок-діаграма підпрограми Graph.vi

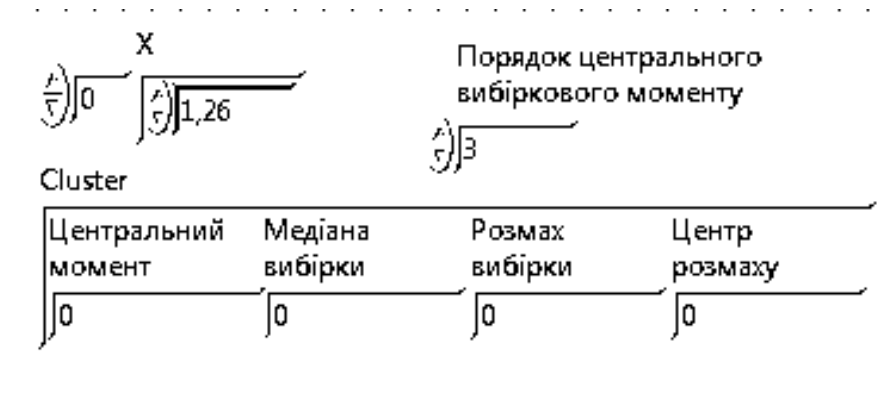
Аналогічно розробляється підпрограма Moment.vi (рис. Д.11) для визначення медіани вибірки, її розмаху, центру розмаху та центральних моментів різних порядків. Для визначення медіани використовується попередньо відсортований масив. Розмах вибірки визначається як різниця між максимальним та мінімальним

значеннями. Для визначення центру розмаху знаходять середнє значення цих елементів. Міра статистичного зв'язку між різними елементами однієї вибірки чи різних вибірок називається кореляцією. Для оцінювання автокореляції, тобто кореляції між результатами однієї послідовності, використовується зміщення елементів вибірки відносно своїх позицій. Для нульового зміщення коефіцієнт кореляції завжди дорівнює одиниці.

Розрахунки реалізуються з використанням убудованих функцій LabView (Functions – Mathematics – Probability & Statistics). LabVIEW має вбудовані елементи для визначення коефіцієнту кореляції Пірсона, коефіцієнту рангової кореляції Спірмана та коефіцієнту кореляції Кендела.



(a)



(б)

Рис. Д.11. Блок-діаграма (а) та лицьова панель (б) підпрограми Moment.vi

На рис. Д.12 приведено блок-діаграму підпрограми Correlation.vi, за допомогою якої визначається та виводиться графічно вибіркового коефіцієнту автокореляції. Використовуючи налаштування LabVIEW, ми можемо встановлювати режим передавання даних з масиву в цикл. Можливий варіант Enabled Indexing, при якому на кожній ітерації тільки один елемент масиву

вводиться для обробки. У режимі Disable Indexing весь масив передається в цикл одночасно.

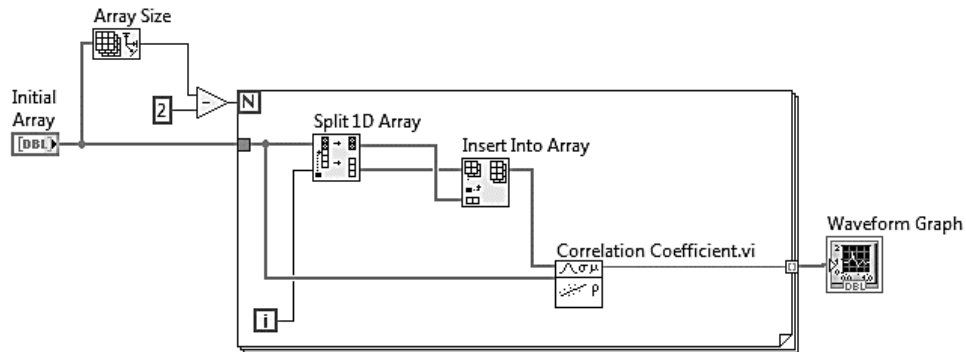


Рис. Д.12. Блок-діаграма підпрограми знаходження коефіцієнта автокореляції

На рис. Д.13 наведено отримані значення коефіцієнта автокореляції. Їх можна експортувати до MS Excel, використавши тільки меню Plot елементу Waveform Graph. Або, як у нашому випадку, експортувати зображення у файл одного з графічних форматів (Export Simplified Image).

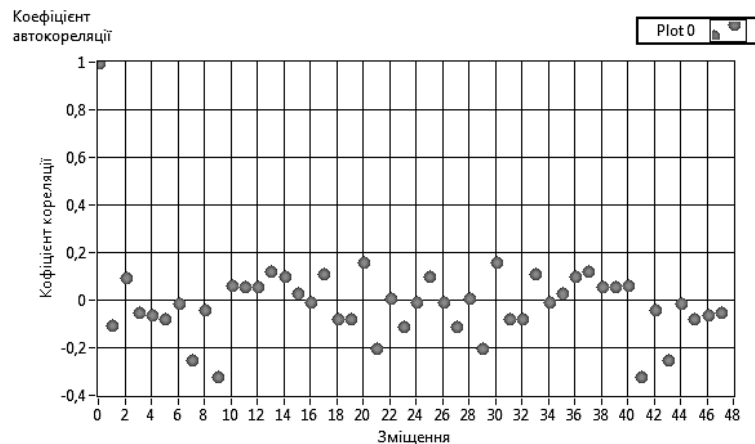


Рис. Д.13. Розрахунок коефіцієнта автокореляції

Для розрахунку коефіцієнта кореляції між різними вибірками була створена підпрограма Correlation and Fit.vi, яка розраховує коефіцієнт кореляції Пірсона. Також підпрограма виводить значення елементів вибірки у площині XY та будує лінію, нахил якої допомагає представити наявну додатну чи від'ємну кореляцію між вибірками. Для виклику підпрограми використовуються цикл While та структура вибору Case (рис. Д.14).

На рис. Д.15 приведено блок-діаграму підпрограми Correlation and Fit.vi.

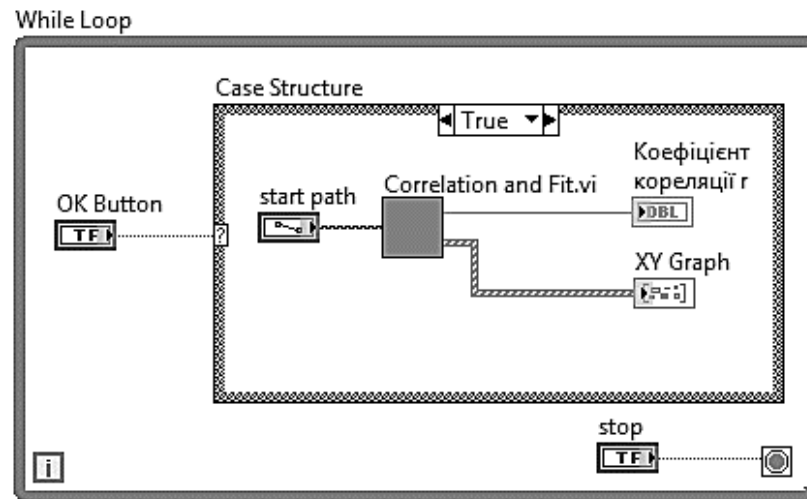


Рис. Д.14. Фрагмент основної програми, що викликає підпрограму
Corelation and Fit.vi

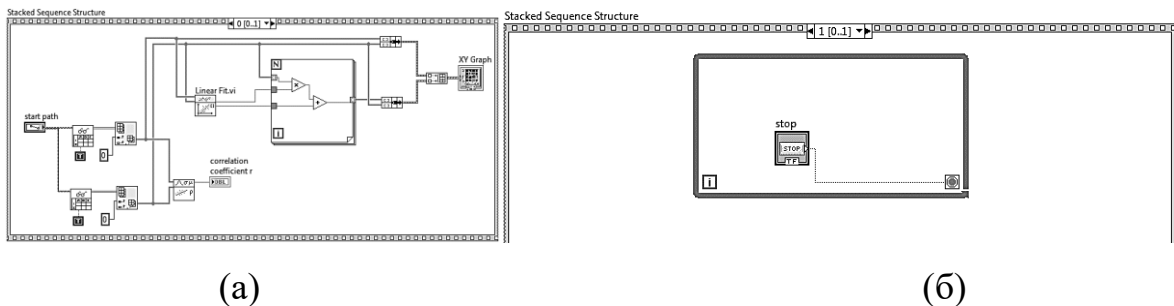


Рис. Д.15. Підпрограма Corelation and Fit.vi. (а) – кадр 1 структури Staked Sequence, який забезпечує виконання розрахунків, (б) – кадр 2, який припиняє роботу підпрограми

У даній підпрограмі ми використовуємо структуру Staked Sequence, яка забезпечує заздалегідь визначений порядок виконання дій, які розташовуються у послідовних кадрах. У LabVIEW використовується потокова обробка даних (dataflow programming), при якій користувач не завжди може контролювати порядок виконання дій. У ситуаціях, коли певній дії обов'язково має передувати деяка інша, використовуються структури послідовності (Flat Sequence або Staked Sequence). Також саме структура Staked Sequence дозволяє спростити вигляд програми.

Як вже згадувалося вище, точкові числові характеристики не повністю характеризують випадкову величину, зокрема у тому, що стосується появи тих чи інших значень величини. Однією з найповніших характеристик вибірки є густина

розподілу її значень. Сам розподіл для нашої програми ми будемо, використовуючи функцію Create Histogram (рис. Г.10) у підпрограмі Graph.vi.

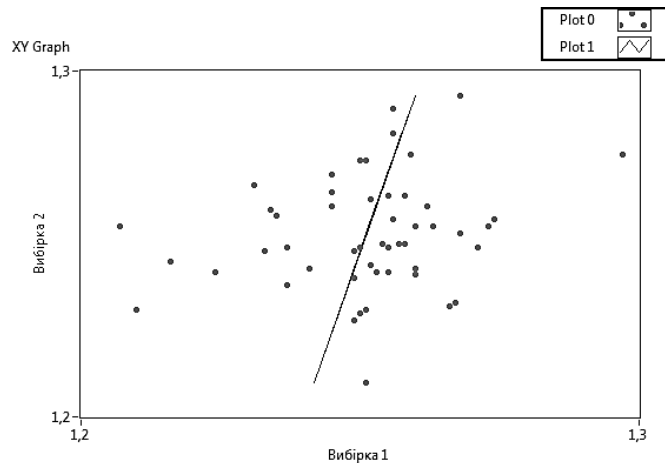


Рис. Д.16. Результат роботи підпрограми Correlation and Fit.vi

Для аналізу параметрів розподілу використовують коефіцієнти скошеності (асиметрія) та сплющеності (ексцес). LabVIEW має вбудовану функцію Statistics, вікно налаштування якої приведено на рис. Д.17. Як можна бачити, даний елемент дозволяє знаходити статистичні параметри, екстремальні значення та характеристики масиву отриманих даних.

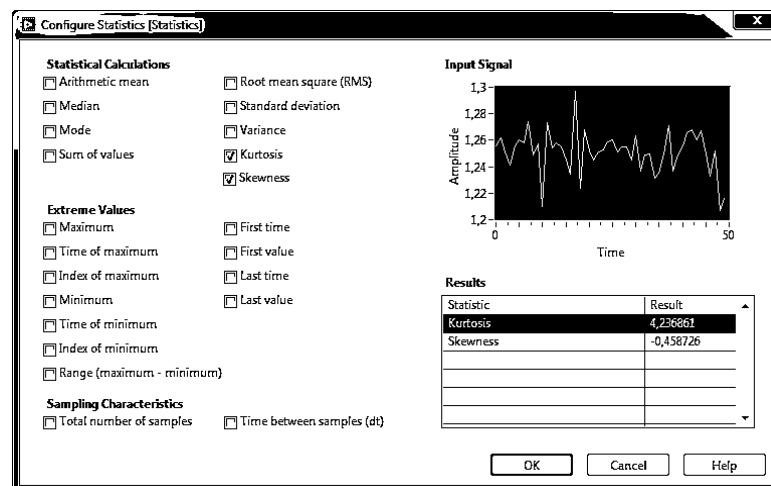


Рис. Д.17. Вікно налаштування елементу Statistics

На рис. Д.18 наведено повну блок-діаграму розробленої програми розрахунку статистичних даних

Розроблений алгоритм побудови програмного забезпечення для розрахунку статистичних параметрів допомагає студентам фізичних та інженерних спеціальностей зрозуміти порядок визначення характеристик вибірок та їх місце в структурі експериментального дослідження. Створений алгоритм легко може бути

розширений додатковими модулями, наприклад, для аналізу статистичних гіпотез, оцінки нормальності розподілу тощо. Створення програм у середовищі LabVIEW, звичайно, потребує володіння основними поняттями програмування, але використання графічних елементів робить цю задачу простішою для студентів фізичних та інженерних спеціальностей.

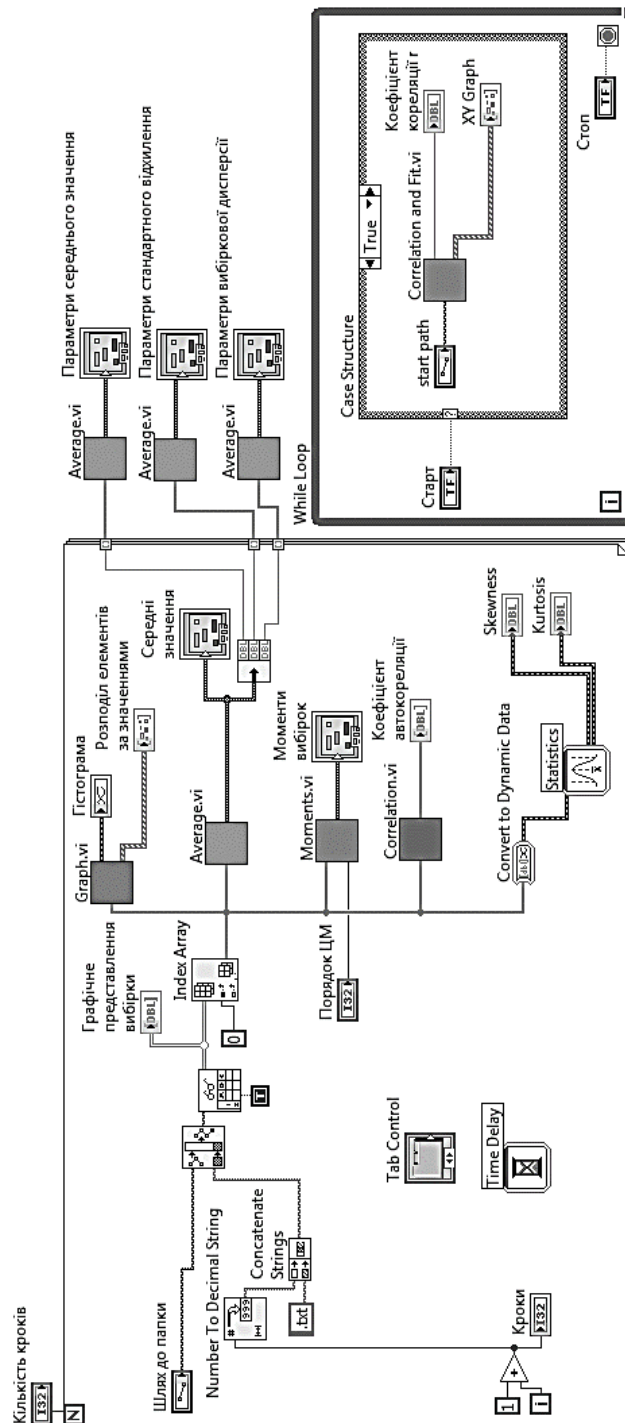


Рис. Д.18. Блок-діаграма програми розрахунку статистичних параметрів

МАТЕРІАЛИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ПРОЕКТУ

Матеріали заповнено студентами – учасниками проекту.

1. Розподіл завдань між учасниками робочої групи

	Створення комп'ютерної моделі фізичного процесу	Створення оболонки сайту	Графічне забезпечення	Ведення документації проекту	Презентація
Ш. А.				•	•
М. Б.		•	•		
К. О.	•			•	
Ж. А.	•				
Ш. Р.	•				
Я. П.		•	•		
К.П.		•	•		

2. Опис проектної розробки

2.1. Назва сайту: MechGraph Online.

2.2. Найменування підприємства-розробника: Team1.

2.3. Найменування підприємства-замовника: Кафедра АКІТ ЧНУ ім. Б. Хмельницького.

2.4. Перелік документів, на підставі яких створюється сайт: Опис проектної роботи; документація з користування сайтом.

2.5. Склад і зміст робіт зі створення системи: Розробка (верстка) сайту як графічної оболонки програми; створення алгоритмів обрахунку і виведення графіків залежно від введених даних; під'єднання модулю генерування PDF-файлів. Порядок пред'явлення результатів робіт зі створення сайту зазначено у календарному плані робіт. Результати роботи представлені на скріншотах у чистому вигляді (наприклад, програмний код) з можливими відповідними їм витримками з документації.

3. Призначення і цілі створення сайту. Головною метою розроблення сайту є автоматизація процесів виконання і перевірки лабораторних робіт з дисципліни «Прикладна механіка та основи конструювання», що полегшить життя як студентам, так і викладачам. Побічною метою створення проекту в цілому є отримання членами команди досвіду командної роботи та розвитку навичок у різних напрямках розроблення подібних проектів. Завдання, що виконує програма, – це розрахунок розтягу–стискання металевих стержнів змінного перерізу.

4. Вимоги до сайту та програмного забезпечення:

4.1. Вимоги до програмного забезпечення: Програмна складова повинна бути розроблена мовою JavaScript (TypeScript), не містити помилок та бути оптимальною з погляду швидкодії.

4.2. Загальні вимоги до оформлення і верстки сторінок: Усі сторінки повинні мати однаковий, адаптивний дизайн і містити переважно невелику кількість елементів.

4.3. Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу, що обслуговує сайт: Для обслуговування буде достатньо однієї людини, що розуміється на управлінні сайтом за допомогою системи керування вмістом «WordPress» і володіє основами JavaScript.

4.4. Вимоги до системи адміністрування: Уся система повинна керуватись базовим рушієм системи «WordPress».

5. Структура сайту: Сайт повинен складатись із трьох сторінок: введення даних; виведення результатів у режимі онлайн і можливістю завантаження; інформація про підприємство-розробника.

6. Локалізація (підтримувані мови) сайту: Українська (основна), російська.

7. Групи користувачів: Відвідувачі (Гості), користувачі (Зареєстровані), суперадміністратор (Людина, що обслуговує сайт).

8. Дизайн сайту: Сайт повинен містити м'яку колірну гаму, мати стилістику мінімалізму задля оптимальнішого розміру сайту та зменшення проблем з адаптивністю окремих графічних елементів.

9. Навігація по сайту:

9.1. Основним способом переміщення по сайту є головне меню «Навігація», що має всього два посилання: «Введення даних» і «Результати».

9.2. Окремим від головного меню є посилання «Про авторів», що постійно знаходиться внизу-посередині сторінки.

10. Опис сторінок сайту:

10.1. Єдиною статичною сторінкою сайту є «Про авторів», на якій розміщені основні дані про групу-розробника сайту.

10.2. Першою динамічною сторінкою є «Введення даних», що містить поля для введення даних, за якими будуть обраховуватись результати, і кнопку «Розрахувати». По замовчуванню поля мають значення «0». Натиснення лівою кнопкою миші на «Розрахувати» приводить у дію скрипти розрахунку і генерування PDF-файла, після чого переправляє користувача на динамічну сторінку «Результати»

11. Функціонал сайту: Окрім базового процесу розрахунку і генерування PDF-файла, сайт повинен мати вікно для перегляду створеного файла в режимі онлайн та можливість його завантаження на комп'ютер. Можливість реєстрації та авторизації користувачів з метою комерційного надання послуг (преміум підписки) в майбутньому.

12. Контент і наповнення сайту: Наповнення сайту реалізоване стандартними методами розмітки HTML та CSS, кнопки та інші активні елементи виконані в зображеннях формату PNG.

13. План робіт

Розроблення технічного завдання	14 днів
Розроблення арифметичного ядра / створення оболонки сайту на базі «WordPress»	7 днів
Встановлення ядра на сайт / Розробка оформлення сайту	7 днів
Підключення модуля створення-перегляду PDF-файлів та системи реєстрації	7 днів
Тестування, виправлення помилок.	7 днів

АПАРАТНА ПЛАТФОРМА ARDUINO ПІД КЕРУВАННЯМ NI LABVIEW

LIFA (LabVIEW Interface for Arduino) – це безкоштовне доповнення, що дозволяє використовувати всі можливості LabVIEW у поєднанні із платформою Arduino. LIFA (LabVIEW Interface for Arduino) фактично становить набір файлів – бібліотеки, розроблені з використанням мови програмування C, та два основні скетчі LabVIEWInterface.ino та LIFA_Base.ino. Перший скетч містить опис усіх функцій для роботи з Arduino, а другий компонує всю інформацію для прошивки контролера. Файли доповнення LIFA мають знаходитися в директорії Program Files(x86)/National Instruments/LabVIEW2013/vi.lib/LabVIEW Interface for Arduino/Firmware/LIFA_Base/.

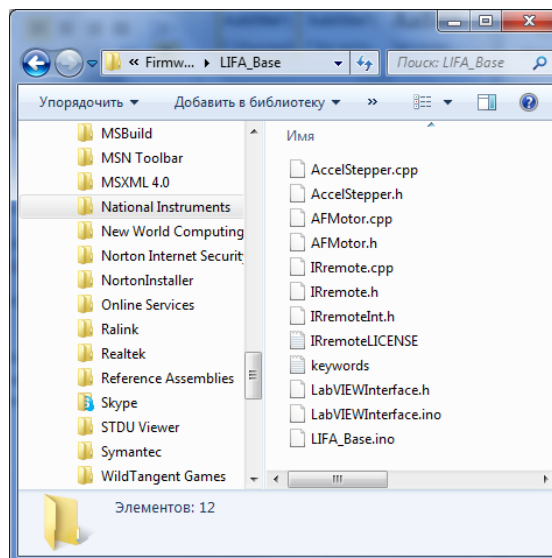


Рис. Ж.1. Структура LIFA_BASE

За потреби перелік файлів доповнюється спеціалізованими файлами, що відповідають за роботу з датчиками певного типу або іншими апаратними засобами. Вигляд програми, яка створюється в LabVIEW та взаємодіє з Arduino, на якому встановлено прошивку LIFA, наведено на рис. Ж.2. Типовими елементами програм LabVIEW для роботи з Arduino є віртуальні інструменти, що відповідають за ініціалізацію зв'язку з платою Init.vi та завершують роботу з нею Close.vi. Вигляд лицьової панелі програми Init.vi наведено на рис. Ж.3. Користувач може обрати тип ресурсу VISA (у випадку плати Arduino використовується віртуальний порт

послідовного з'єднання COM), швидкість обробки даних, тип підключеної плати тощо).

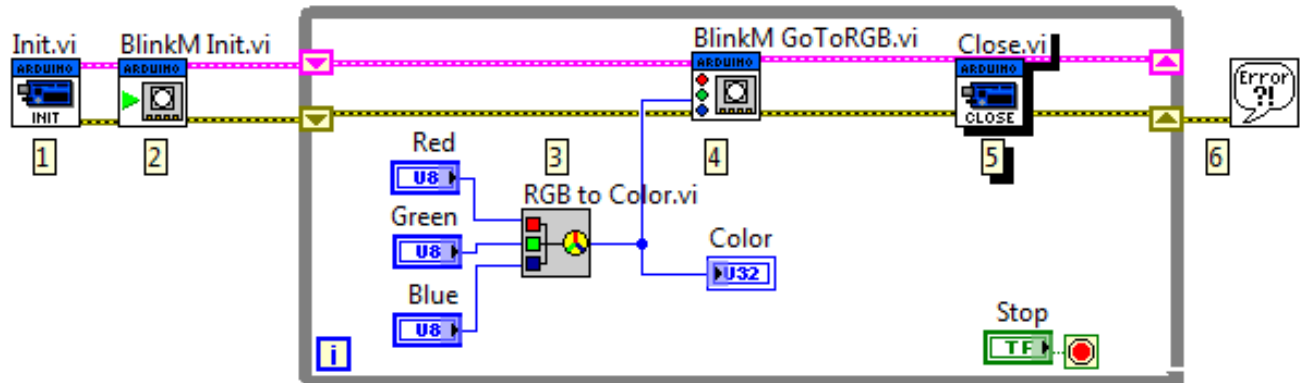


Рис. Ж.2. Вигляд блок-діаграми програми LabVIEW з використанням доповнення LIFA

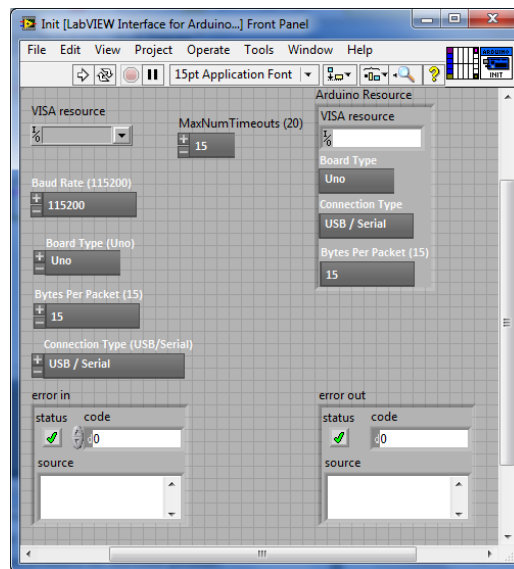


Рис. Ж.3. Лицьова панель програми для роботи з Arduino

Також задається тип перетворювального зв'язку USB/Serial. На рис. Ж.3 всі параметри встановлено за замовчуванням. Також програма Init.vi виводить інформацію про можливу помилку підключення до плати. Слід зазначити, що на сайті National Instruments діє потужний форум користувачів, що дозволяє навіть не дуже досвідченому розробнику знаходити можливості і виправляти помилки в схемі чи програмному забезпеченні. Також LabVIEW містить значну кількість прикладів.

ЗБІР ТА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ЗАСОБАМИ NATIONAL INSTRUMENTS

3.1. Обробка зображень засобами NI LabVIEW

Програмний пакет NI LabVIEW розширюється низкою спеціалізованих інструментів, що дозволяють поліпшити та прискорити процес розроблення систем. До таких розширень належить LabVIEW Vision Development Module, який містить засоби для вимірювання відстаней та кутів, високорівневі функції машинного зору та обробки відео, засоби обробки чорно-білих, кольорових та бінарних зображень, підтримує високошвидкісний пошук за заданим шаблоном та потоковий запис на диск із підтримкою формату AVI. Цей модуль включає IMAQ Vision – бібліотеку віртуальних інструментів, що інтегруються в LabVIEW і Vision Assistant – інтерактивне середовище для розробників, яким потрібно швидко створювати програми роботи з графікою.

IMAQ Vision for LabVIEW – частина Vision Development Module – це бібліотека віртуальних інструментів LabVIEW, яка використовується для задач машинного зору та обробки зображень, отриманих при виконанні наукових досліджень. Усі елементи IMAQ Vision поділяються на три палітри: Vision Utilities, Image Processing та Machine Vision. Функції палітри Vision Utilities дозволяють обробляти та виводити зображення в IMAQ Vision, а саме створювати та видаляти зображення, переглядати атрибути зображень, копіювати зображення, переходити до інших форматів та ін. До задач, що вирішуються з використанням таких модулів, належать підвищення якості зображення, оцінювання зображення та розпізнавання образів, а саме виділення та класифікація властивостей об'єктів. У випадку зображень задачею дослідника є, власне, виділення таких включень за градацією кольорів, встановлення їх кількості на кожному кроці по часу та виведення й аналіз інформації про розподіли частинок як критерію зміни властивостей системи.

На рис. 3.1 (а) та (б) показано лицьову панель нашої програми та її блок-діаграму відповідно. Опишемо коротко алгоритм роботи створеного модуля

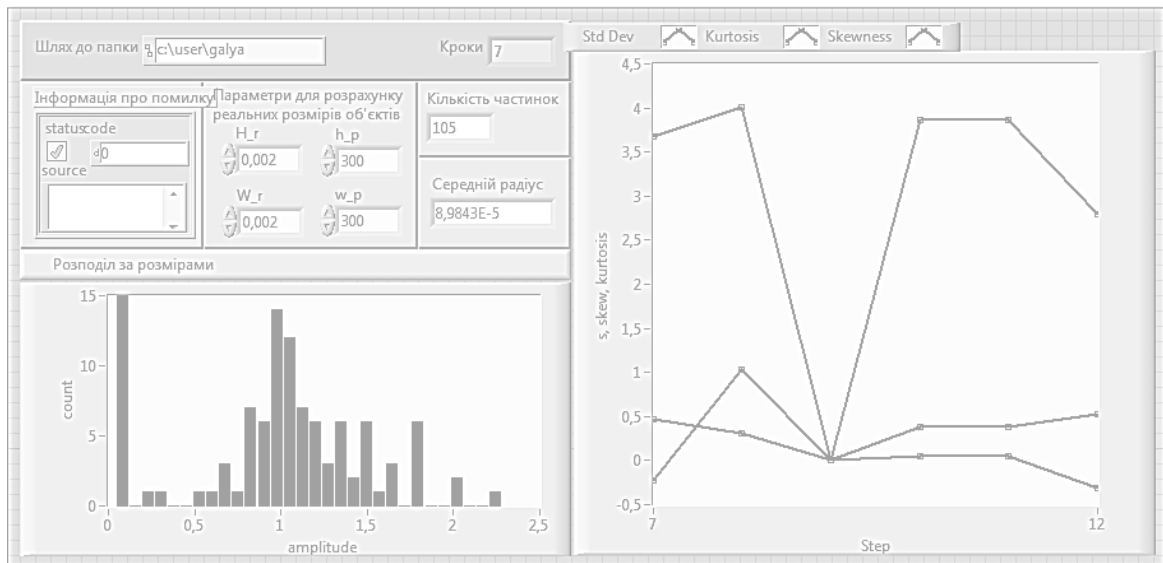
відповідно до функцій, що винесені на лицьову панель. Користувач встановлює параметри звернення до папки, у якій зберігається одне чи декілька зображень. Залежно від їх кількості потрібно встановити кількість ітерацій роботи програми (кроків), урахувавши, що в LabVIEW лічильник циклу розпочинається з 0. Далі користувач встановлює розмір зображення у пікселях та розмір реального зображення, що було сфотографоване. Це дозволить знайти не тільки відносні характеристики системи, а і реальні значення розмірів об'єктів.

На виході користувач отримує кількість частинок, їх середній радіус, розподіл частинок за розмірами та графік поведінки параметрів даного розподілу для кожної ітерації. Окрім відображення на лицьовій панелі, всі дані записуються у файл. Звичайно, що саме зображення проходить значно складнішу обробку, етапи якої відповідають елементам на блок-діаграмі. Послідовність обробки графічного зображення складається з наступних дій:

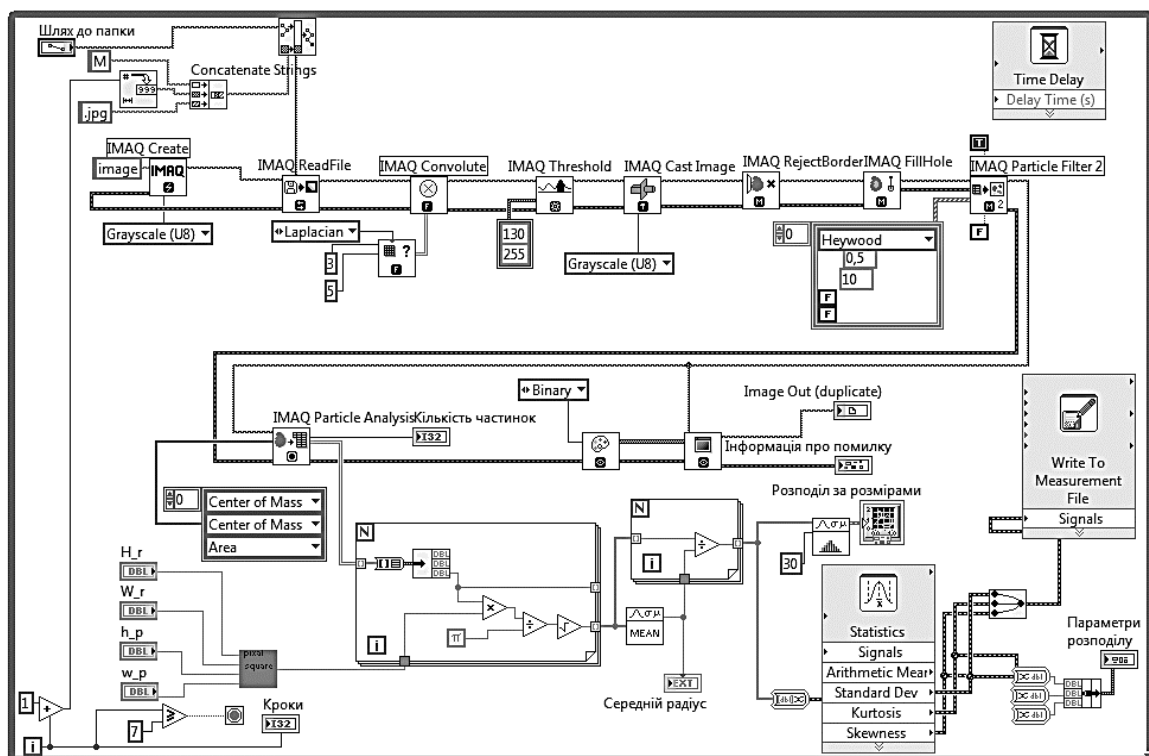
1. Створення тимчасового IMAQ зображення (копії введеного), над яким будуть виконані визначені далі дії (IMAQ Create).
2. Завантаження зображення (IMAQ Read File).
3. Фільтрація зображення (IMAQ Convolute).
4. Розподілення зображення за градаціями сірого на підложку та, власне, зображення (IMAQ Threshold).
5. Вибір кольоворої схеми для зображення (IMAQ Cast Image).
6. Відсікання частинок, що дотикаються до границі зображення (IMAQ Reject Border).
7. Заповнення отворів у вже виділених об'єктах (IMAQ Fill Hole).
8. Відбір частинок за певним принципом (наприклад, видалення всіх частинок, що мають відношення поперечного розміру до повздовжнього більше від заданого) (IMAQ Particle Filter).
9. Встановлення кількості частинок (IMAQ Particle Analysis).
10. Побудова вже обробленого зображення як бінарного (IMAQ Get Palette).

Розглянемо основні графічні елементи палітри IMAQ детальніше. Елемент IMAQ Create створює тимчасовий файл для зображення. Основними параметрами

цього елементу є Image Name – унікальне ім'я, що пов'язується зі створеним зображенням та Image Type, що визначає тип зображення. Елемент IMAQ Convolute працює як лінійний фільтр.



(a)



(b)

Рис. 3.1. Лицьова панель та блок-діаграма модуля обробки даних

Обрахунки виконуються залежно від типу зображення та параметрів матриці цілочисельно або з використанням дійсних чисел. Фільтр згортки обробляє пікселі вихідного зображення один за одним і визначає остаточні властивості пікселя за

допомогою його значення та значення оточуючих пікселів. Матриця, задана як масив числових значень, вказує, якою мірою значення кожного з оточуючих пікселів впливають на кінцевий результат. Найчастіше використовується матриця 3 на 3. Коли програма застосовує фільтр згортки до певного пікселя, програма враховує значення кольору самого пікселя (на рисунку P), а також значення оточуючих пікселів (на рисунку N). Встановлюючи різні значення у матриці, ми вказуємо пріоритет, який мають ті чи інші пікселі при впливі на кінцеве зображення (вагові множники).

У параметрах елементу IMAQ Convolute ми можемо встановлювати область, що обробляється фільтром. Якщо ж за замовчуванням відповідні параметри не використовуються, то фільтрується все вхідне зображення.

Елемент IMAQ Threshold (дослівно – поріг) використовується для розподілення зображення на підложку (background) і передній план (foreground). У цьому процесі всі точки, що потрапляють в інтервал шкали сірого кольору, визначений параметрами елемента Threshold, набувають єдиного значення (одиниця). Усім іншим точкам присвоюється значення 0. Таким чином, ми отримуємо бінарне зображення – із значеннями 0 та 1. Бінарні зображення містять тільки важливу інформацію і, як правило, дуже швидко обробляються. Дійсно, алгоритми обробки бінарних зображень більш швидкодіючі, аніж алгоритми обробки сірих зображень. Основні параметри, які потрібно встановити для даного елемента, – це нижня межа порогу (за замовчуванням 128) та верхня межа (за замовчуванням – 255). Елемент IMAQ Reject Border використовується для відсікання частинок, що дотикаються до границі зображення. Така практика є загальноживаною, адже коректно визначити розмір «неповного» об'єкта неможливо. Вихідне зображення має бути восьмибітовим бінарним. Ми можемо варіювати тип алгоритму, за яким виконується відсікання. За замовчуванням використовується значення зв'язності 8 (True). Інший варіант – 4 (False).

Важливим поняттям є Connectivity – зв'язність. Кожна точка зображення з координатами (x,y) має вісім сусідів, які можна розглядати у контексті прямокутної області розміром 3×3. При цьому чотири точки (по горизонталі і по вертикалі) є

ближчими до центральної, ніж сусідні точки по діагоналі. Відстані у першому випадку рівні 1, а у другому – $\sqrt{2}$. Відповідно, при обробці зображень розглядаються два типи сусідства («хрест» і «квадрат») і два типи зв'язності (4-зв'язність і 8-зв'язність) відповідно.

Елемент IMAQ FillHole заповнює пустоти, знайдені у частинках. Пори заповнюються пікселями зі значенням 1. Вхідне зображення повинне бути восьмибітовим бінарним зображенням. Пори, які знаходяться на границі зображення, ніколи не заповнюються, оскільки неможливо визначити, чи належать ці пори частинкам. Елемент IMAQ Particle Filter 2 дозволяє виділити частинки, що відповідають заданим критеріям.

Функція IMAQ Particle Analysis дозволяє визначати параметри об'єктів. Наприклад, координати центру мас, координати крайніх пікселів, площу об'єкта, площу пустот об'єкта, периметр, орієнтацію, кількість об'єктів, видовження тощо.

Графічне зображення, що обробляється, відкривається у новому вікні. Користувач бачить еволюцію зображення відповідно до набору обраних операцій та їх параметрів. Слід зазначити, що внаслідок операції Threshold зображення є двоколірним і відображається за допомогою пари контрастних кольорів.

Далі здійснюється статистична обробка отриманих даних (рис. 3.2). На основі інформації про площі кожної з частинок, визначені у пікселях, розраховуються їх реальні розміри. У припущенні, що частинки мають сферичну форму, визначається радіус кожної з них та визначається його середнє значення для масиву. На основі цих даних будується розподіл частинок за розмірами за допомогою елемента Histogram.vi. Вхідними параметрами для цього елемента є масив даних розмірів та кількість стовпчиків гістограми.

Основними характеристиками будь-якого розподілу є стандартне відхилення (Standard Deviation), асиметрія (Skewness) та кривизна (Kurtosis): Середовище LabVIEW має спеціальний набір операцій, об'єднаних у палітрі Probability&Statistics, а також окремий елемент Statistics, розміщений у палітрі швидкого запуску (Express/Signal Analysis). Вікно налаштування елемента Statistics показано на рис. 3.3.

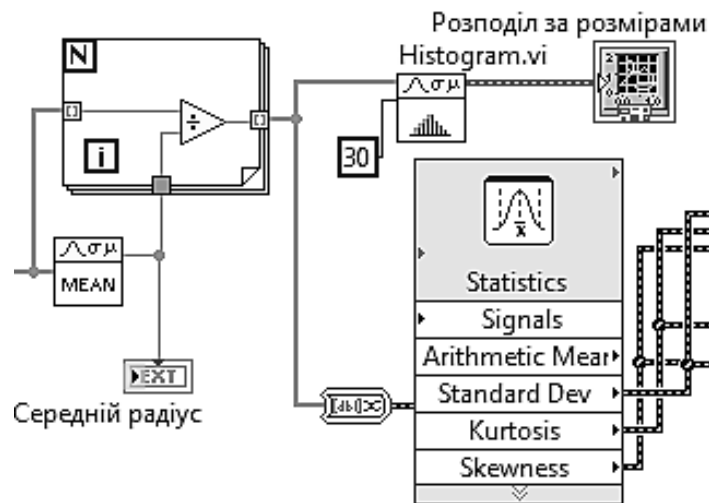


Рис. 3.2. Обрахунок інформації про зображення

Запис вимірювальних даних здійснюється за допомогою елементу Write to measurement file. Завдяки цій функції можна зберегти отримані дані як одиничного експерименту, так і дописувати до розрахованих раніше нові значення. Також можна встановити потрібний формат запису, а саме текстовий чи двійковий.

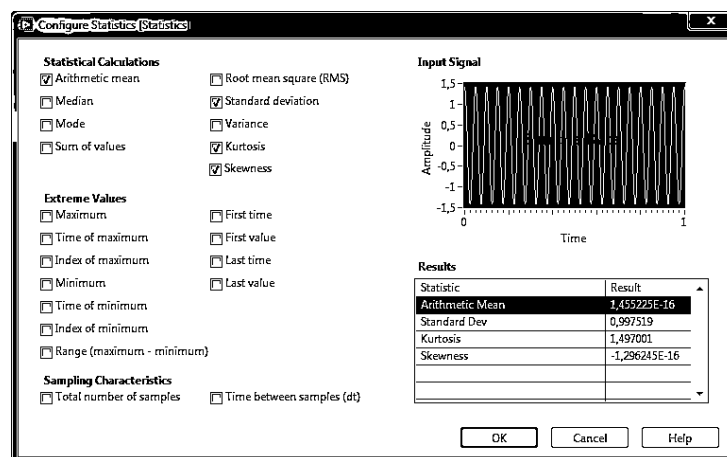


Рис. 3.3. Налаштування параметрів для виконання статистичних розрахунків

3.2. Обробка зображень засобами NI Vision Assistant

Компанія National Instruments пропонує користувачам різні можливості для роботи з графічними об'єктами. Спеціалізованим програмним продуктом NI є Vision Assistant, за допомогою якого можна в єдиному циклі забезпечити захоплення зображень з допомогою цифрових камер, їх обробку за певним алгоритмом, виведення та збереження отриманих даних у різних форматах. Після закінчення розробки програмні напрацювання можуть бути експортовані в LabVIEW у вигляді програми, готової до виконання.

Для організації збору зображень потрібно підключити відповідні пристрої та встановити драйвери для них. Після запуску програми NI Vision Assistant необхідно обрати дію Acquire Image (рис. 3.4), вибравши необхідну нам камеру (наприклад, ScopeTek DCM 130 чи веб-камеру комп'ютера) (рис. 3.5).

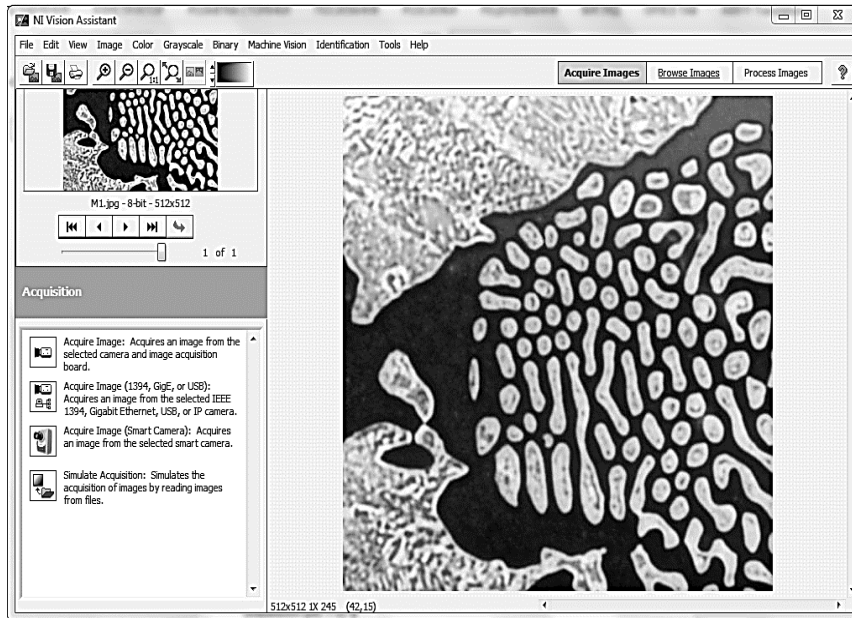


Рис. 3.4. Отримання зображення

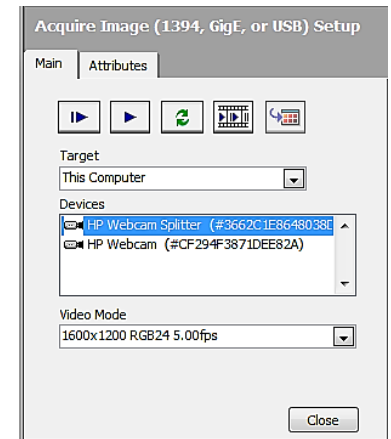


Рис. 3.5. Вікно вибору камери

Далі фотографуємо досліджуваний об'єкт й одразу отримуємо зображення, яке відображається в правому вікні. За допомогою відповідних кнопок можна зробити одиничний знімок, неперервно виконувати збір даних з камери, оновити список доступних пристроїв, задати визначену кількість знімків, що виконує камера та передати зроблені знімки для подальшої обробки.

Натиснувши клавішу Browse Images (перегляд зображень), обираємо необхідне зображення (рис. 3.6) .

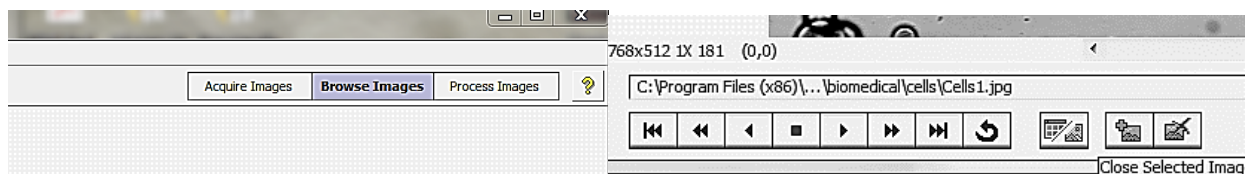


Рис. 3.6. Вибір зображень

NI Vision Assistant містить також ряд зображень та програмних рішень для їх обробки, які можуть використовуватися для відпрацювання навичок з отримання та аналізу зображень. Такі зображення можна відкрити, перейшовши Program Files

– National Instruments – Vision Assistant – Examples або Program Files – National Instruments – Vision Assistant – Solutions. Отримавши необхідні знімки, можемо переходити до їх обробки, натиснувши на кнопку Process Image. Набори доступних функцій обробки згруповані за наступними категоріями: image, color, grayscale, binary, machine vision, identification. (рис. 3.7).

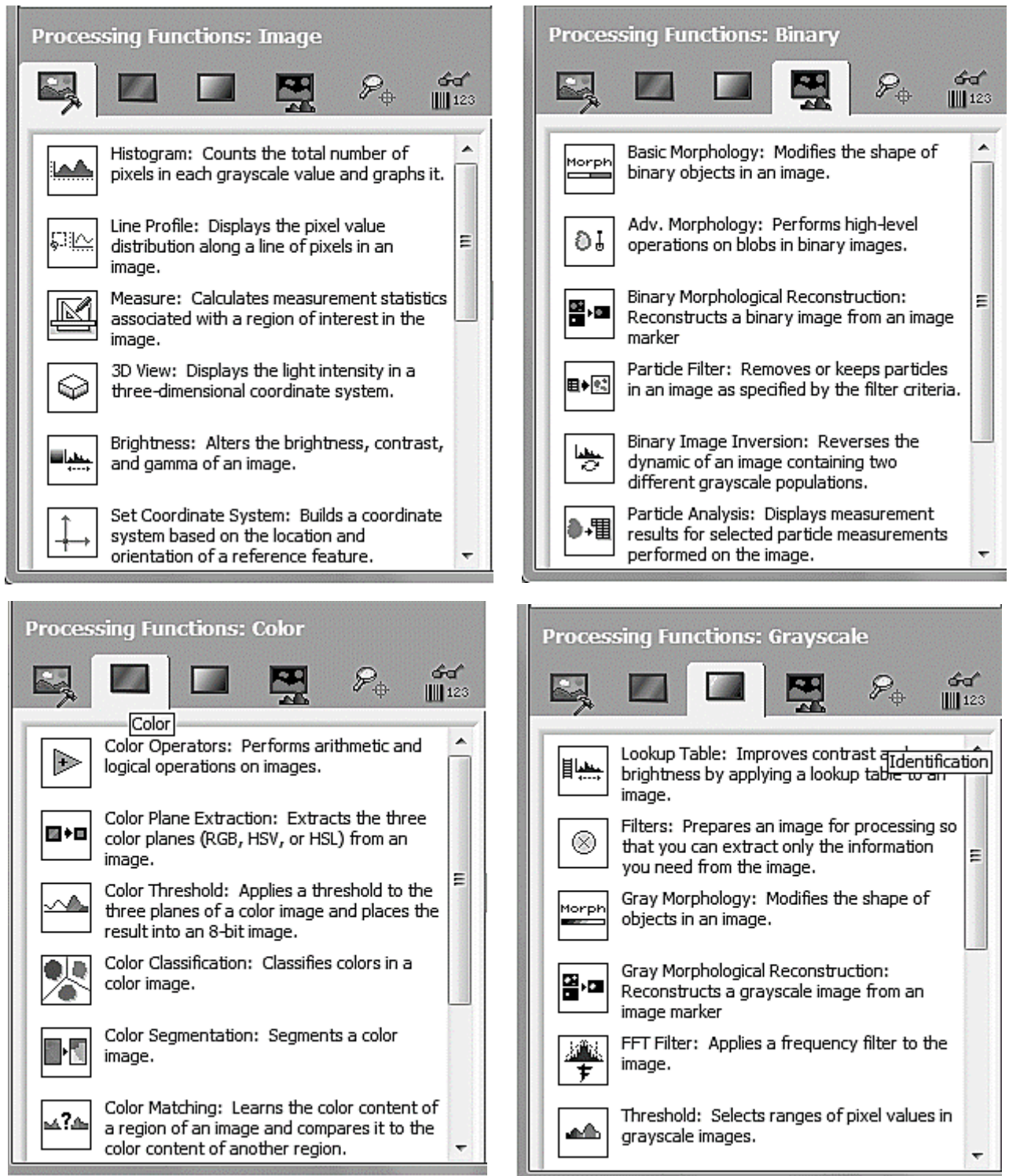


Рис. 3.7. Приклад наборів функцій

Вибір кожної з функцій відображається в області побудови схеми обробки зображення (рис. 3.8). Така схема називається скриптом та має розширення `vascr`, що розшифровується як Vision Assistant Script File.

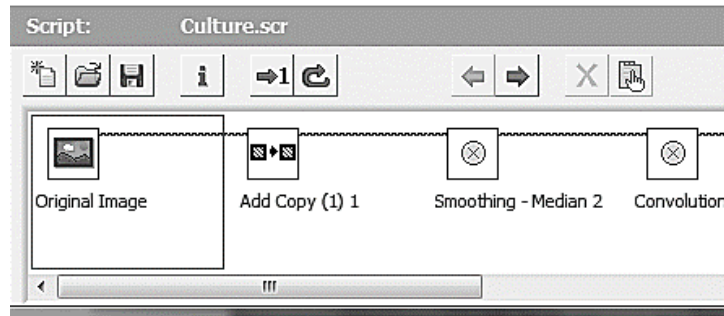


Рис. 3.8. Вікно відображення скрипту обробки зображення

Розглянемо основні операції з обробки зображення. Обов'язковою вимогою застосування більшості операцій є перетворення вихідного повноколірного зображення на бінарне (двоколірне). Для цього на панелі Function Color потрібно обирати операцію Color Plane Extraction, після чого на екрані з'являється вікно, за допомогою якого ми перетворюємо кольорове зображення на чорно-біле (рис. 3.9). У випадку, якщо зображення вже є бінарним, Ni Vision Assistant виведе повідомлення про неможливість застосування операції.

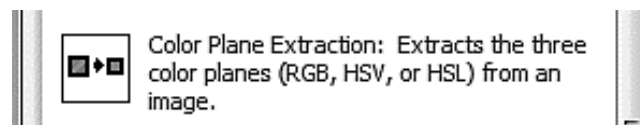


Рис. 3.9. Операція Color Plane Extract

Далі застосовуємо елемент Filters, який знаходиться в палітрі grayscale (рис. 3.10). Цей елемент дає змогу застосувати ряд відомих фільтрів для нашого графічного зображення. На наступним кроком доречно використати елемент Threshold (дослівно – поріг), з його допомогою ми розподіляємо зображення на підложку (background) і передній план (foreground) (рис. 3.11). Використавши Particle Filter, ми можемо за допомогою вкладки Heywood circularity factor обрати необхідні для аналізу елементи (рис. 3.12). Можемо також визначити, яка кількість частинок і яку площу вони займають на досліджуваному зображенні за допомогою елемента Particle Analysis, який знаходиться у вкладці Binary (рис. 3.13). Отримані результати зберігаються в певний документ при натисканні кнопки Save Results, яка знаходиться в правому нижньому кутку (рис. 3.14).

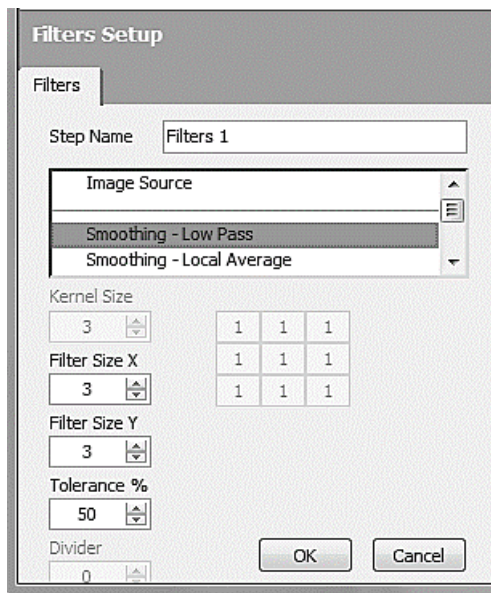


Рис. 3.10. Налаштування операції
фільтрування

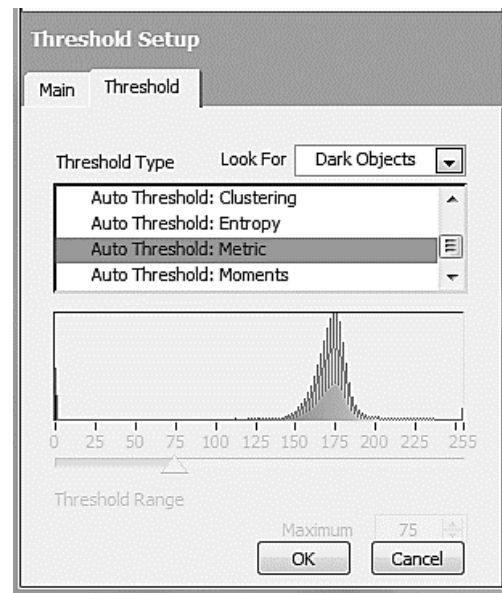


Рис. 3.11. Вікно зміни кольору
зображення

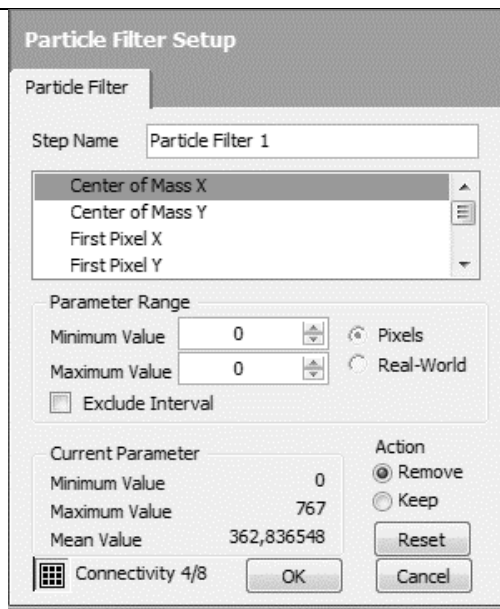


Рис. 3.12. Вікно фільтрування
зображення

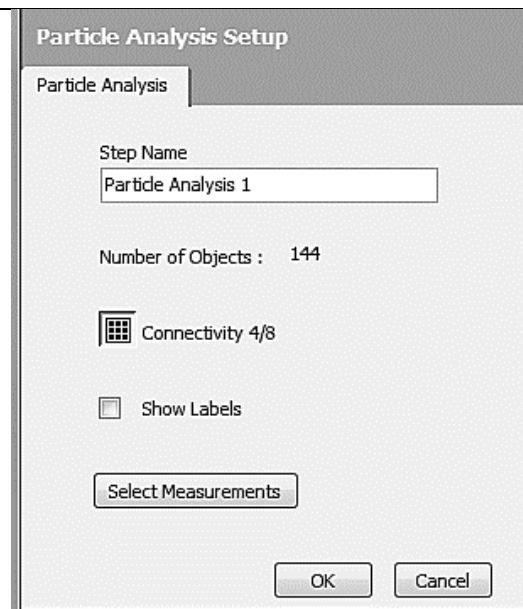


Рис. 3.13. Вікно аналізу частинок

Script: Cells.scr

Results ...	1	2	3	4	5	6
Center of Mass X	465,88235	478,50000	611,22449	554,50000	700,42857	588,50000
Center of Mass Y	4,58824	8,63636	13,46939	12,00000	12,57143	14,50000
First Pixel X	465,00000	477,00000	611,00000	554,00000	698,00000	589,00000
First Pixel Y	3,00000	7,00000	10,00000	11,00000	11,00000	13,00000
Bounding Rect Left	464,00000	476,00000	606,00000	553,00000	698,00000	587,00000

Рис. 3.14. Результати виконання програми обробки зображення

**МАТЕРІАЛИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ В УМОВАХ
ПРОЕКТНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ**

Додаток И.1

Матеріали анкетування викладачів

Шановні колеги! Знайдіть, будь ласка, декілька хвилин та дайте відповіді на запитання.

Розділ 1 з 4

1. Скільки раз протягом двох останніх років Ви відвідували семінари, конференції, зустрічі, присвячені проблемам викладання?

- 0
- 1–2
- 3–5
- 6 і більше

2. За умови позитивної відповіді на попереднє запитання оцініть корисність відвіданих заходів для Вашої викладацької діяльності?

- Дуже корисні
- Інформативні
- Малоінформативні
- Не є корисними

3. Як часто Ви ознайомлюєтеся з навчально-методичною літературою, присвяченою проблемам викладання Ваших предметів чи іншим питанням освіти?

- Постійно, саме для потреб викладання
- Постійно, оскільки це пов'язано з тематикою моєї наукової роботи
- За потреби – при пошуку відповіді на конкретні запитання
- Рідко й швидше випадково
- Ніколи

4. Чи вважаєте Ви, що джерел навчально-методичних матеріалів достатньо й вони повною мірою відповідають потребам викладачів?

- Так
- Не вистачає практично орієнтованих матеріалів
- Не вистачає матеріалів, присвячених теоретичним засадам викладацької роботи
- Недостатньо
- Інше. _____

5. Чи почали Ви впроваджувати інноваційні підходи до викладання після відвідання семінарів / ознайомлення з відповідною літературою?

- Використання компетентнісного підходу при формулюванні очікуваних результатів навчання
- Використання активного навчання
- Використання проблемно орієнтованого навчання
- Використання проектно орієнтованого навчання
- Використання кейсів
- Використання формативного оцінювання
- Використання оцінювання за результатами роботи студентів у групі
- Інші

6. За умови позитивної відповіді на попереднє запитання оцініть, як використання згаданих

методів вплинуло на навчання студентів.

- Спостерігалось відчутне покращення
- Спостерігалось помірне покращення
- Ситуація не змінилася
- Спостерігалось погіршення за окремими аспектами

7. Як часто Ви обговорюєте педагогічні техніки у спілкуванні з колегами?

- 1– 3 рази на тиждень
- 1– 3 рази на місяць
- 1– 3 рази на семестр
- ніколи

8. Як часто Ви обговорюєте педагогічні техніки у спілкуванні з студентами?

- 1– 3 рази на тиждень
- 1– 3 рази на місяць
- 1– 3 рази на семестр
- ніколи

Розділ 2 з 4

1. Як часто під час занять Ви звертаєте увагу на міждисциплінарні зв'язки (свідомо добираєте приклади з інших галузей, показуючи, як застосовувати певний математичний/статистичний метод, фізичний розв'язок тощо)?

- Постійно
- Рідко (у зв'язку з лімітом навчальних годин)
- Рідко (це виходить за рамки предмета)
- Ніколи

2. Оцініть, як часто Ви використовуєте під час занять

	на кожному занятті	1 і більше раз на тиждень	1 і більше раз на місяць	1 і більше раз на семестр	ніколи
Традиційні лекції					
Мультимедійні презентації					
Питання, адресовані всій аудиторії					
Поділ студентів на групи на короткі інтервали часу протягом пари для їх спільної роботи над виконанням завдань					
Поділ студентів на групи на декілька занять поспіль					
Індивідуальне оцінювання					
Групове оцінювання					
Домашні завдання для виконання в групах за вибором студентів					
Домашні завдання, які студенти зобов'язані виконувати в групах					

3. Як часто Ви організуєте виконання студентами групових проектів тривалістю 1 місяць і більше?

- Для кожного предмета, який я викладаю
- Для деяких предметів, які я викладаю
- Ніколи

4. Чи організуєте Ви виконання студентами групових проектів?

- Під час написання курсових робіт
- Під час написання бакалаврських робіт
- Під час написання магістерських робіт
- Ніколи

За умови позитивної відповіді на попередні запитання, дайте, будь ласка, відповіді на ряд наступних.

5. Якому типу завдань Ви надали б перевагу?

- Відкриті та слабо визначені проблеми
- Добре визначені проблеми з наперед відомим розв'язком

6. Якому типу завдань Ви надали б перевагу?

- Проекти, що стосуються тільки власної спеціальності
- Мультидисциплінарні проекти

7. Якому типу завдань Ви надали б перевагу?

- Команда, що складається тільки зі студентів власної спеціальності
- Команда, що складається із студентів різних спеціальностей

8. Оцініть наступні судження в шкалі від 1 (мінімум) до 5 (максимум)

	1	2	3	4	5
Проектно/проблемно орієнтоване навчання (ПОН) готує студентів до вирішення практичних завдань на прийнятному рівні					
ПОН готує студентів до застосування знань у практичних ситуаціях					
ПОН розвиває краще розуміння предметної сфери					
ПОН готує студентів до реальних проектів					
ПОН розвиває здатність працювати з інформацією					
ПОН готує студентів до роботи в групах					
ПОН розвиває розуміння відповідальності за результати власної роботи					
ПОН розвиває здатність до самонавчання					
ПОН розвиває здатність до критичного мислення					
ПОН розвиває комунікативні навички студентів					

Розділ 3 з 4

1. Чи берете Ви участь у роботі з розроблення/оновлення навчальних планів для студентів Вашої спеціальності?

- Постійно
- Вперше цього року (останніх двох років)
- Раніше, але не протягом останніх двох років
- Ніколи

2. Чи узгоджуєте Ви наповнення дисципліни, що викладаєте, з викладачами інших предметів?

- Постійно
- Рідко
- Дуже рідко
- Ніколи

3. Чи розробляли Ви опис результатів навчання (перелік знань, умінь, навичок, інших компетентностей, набутих особою в процесі навчання) для Ваших дисциплін?

- Постійно протягом останніх років
- Вперше цього року (останніх двох років)
- Ніколи

4. Чи розробляли Ви детальну систему оцінювання діяльності студентів з урахуванням загальних компетентностей (робота в команді, проектні навички тощо)?

- Так
- Ні, але планую
- Ні, не планую

5. Як Ви оцінюєте місце та роль Вашого предмета в загальній системі підготовки студентів?

- Обсяг дисципліни має бути розширено
- Варто перенести вивчення дисципліни на інший навчальний рік
- Повністю влаштовує
- Інше...

6. Які складові навчального комплексу Вашої дисципліни доступні для студентів?

- Навчальна програма
- Робоча програма
- Тексти лекцій
- Мультимедійні презентації
- Критерій оцінювання із детальними роз'ясненнями системи нарахування балів

7. Як Ви оцінюєте впровадження в якості обов'язкової частини навчального плану студентських практично орієнтованих проектів, під які буде відводиться від 25 % до 40 % навчальних годин.

- Повністю згоден
- Згоден, але обсяг годин має бути більшим
- Згоден, але обсяг годин має бути меншим
- Не згоден

Розділ 4 з 4

1. Навчальний заклад

- Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького
- Інше...

2. Науковий ступінь

- Доктор наук
- Кандидат наук

3. Посада

- Професор
- Доцент
- Старший викладач
- Викладач

4. Адміністративна посада

- Директор інституту/декан факультету
- Завідувач кафедри
- Інше...

Основні дисципліни _____

Педагогічний стаж

- 1–5 років
- 6–10 років
- 11–20 років
- більше 20 років

Стать

чол

жін

Фрагмент робочих матеріалів (експертна оцінка критеріїв)

Перелік когнітивних критеріїв (з кодами)

К1. Здатність демонструвати знання та розуміння природничо-наукових та математичних принципів, що відповідають певній інженерній галузі

К2. Систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій, що відповідають певній інженерній галузі (глибина знань)

К3. Всебічні знання, що відповідають певній інженерній галузі, включаючи нагальні проблеми (мультидисциплінарність)

К4. Здатність застосовувати знання для ідентифікації, формулювання та вирішення інженерних проблем з використанням відповідних методів

К5. Застосування аналітичних методів та моделювання

К6. Здатність демонструвати розуміння методології інженерного проектування та здатність використовувати її на практиці

К7. Здатність застосовувати набуті знання та розуміння для розроблення проектів

К8. Уміння проектувати та проводити відповідні експерименти, інтерпретувати дані та робити висновки

К9. Здатність до логічного мислення, аналізу й синтезу, здатність до абстракцій

Критерій рангової кореляції Спірмена: $\rho = 1 - \frac{6\sum d_i}{n(n^2-1)}$, де ρ – коефіцієнт кореляції рангів, $d_i = (x_i - y_i)^2$ – квадрат різниці рангів, n – кількість вимірюваних об'єктів ($n=9$). Значущість коефіцієнта кореляції: $T_{\text{спост}} = \rho \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}}$ (критерій Стюдента).

Коефіцієнт кореляції вважається статистично значущим, якщо $T_{\text{спост}}$ більше від табличного значення критерію Стюдента (рівень значущості $\alpha = 0,05$, кількість ступенів вільності залежить від кількості компетентностей у кожному з переліків).

Таблиця відповідей експертів (група 1)

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9
1	5	5	3	4	3	4	4	3	4
2	4	4	4	3	4	5	5	4	4
3	4	3	4	4	4	3	3	4	4
4	5	4	3	5	4	5	4	3	5
5	4	3	4	5	3	4	2	2	3
6	4	4	3	5	4	5	4	3	5
7	5	4	4	4	3	5	4	4	4
8	4	4	3	3	4	3	5	5	4
Середнє значення	4,375	3,875	3,5	4,125	3,625	4,25	3,875	3,5	4,125
Ранг	1	5,5	8,5	3,5	7	2	5,5	8,5	3,5

Таблиця відповідей експертів (група 2)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
1	4	5	4	4	5	4	4	4	5
2	3	3	4	4	4	5	4	2	5
3	4	3	4	4	3	3	4	3	4
4	4	3	3	4	4	4	3	2	4
5	5	4	3	4	3	4	3	3	4
6	5	4	4	5	3	4	3	4	5
7	4	4	4	4	3	5	4	3	4
8	5	4	3	4	4	5	3	4	5
9	3	3	4	4	3	4	3	4	5
Середнє значення	4,111	3,667	3,667	4,111	3,556	4,222	3,444	3,222	4,556
Ранг	3,5	5,5	5,5	3,5	7	2	8	9	1

Різниці рангів і квадрат різниці рангів

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
$(x_i - y_i)$	-2,5	0	3	0	0	0	-2,5	-0,5	2,5
d_i	6,25	0	9	0	0	0	6,25	0,25	6,25

$$\rho = 0,767, T_{\text{спост}} = 3,16 > 2,26$$

Перелік діяльнісних критеріїв (з кодами)

Д1. Здатність демонструвати розуміння сфери застосування різних технік і методів і її обмеженості

Д2. Здатність інтегрувати теорію і практику для вирішення інженерних проблем

Д3. Здатність застосовувати знання для розроблення проектів відповідно до визначених вимог і специфікацій

Д4. Здатність використовувати сучасне програмне забезпечення інженерного призначення

Д5. Здатність здійснювати пошук інформації з різних джерел, її обробку й аналіз для інженерно-технічних потреб

Д6. Здатність демонструвати навички роботи в лабораторії та практичні вміння

Д7. Здатність розробляти й описувати процедуру вирішення інженерних проблем, обираючи та використовуючи відповідне обладнання, інструменти та методи

Д8. Здатність демонструвати розуміння впливу інженерних рішень на навколишнє середовище й соціум та приймати відповідні рішення

Таблиця відповідей експертів (група 1)

	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8
1	3	5	3	5	4	3	4	5
2	4	5	3	3	4	2	5	4

3	4	4	4	4	4	3	5	3
4	4	4	3	5	4	4	4	4
5	2	5	4	5	3	4	5	5
6	4	4	4	3	5	4	4	3
7	5	4	4	4	3	4	4	4
8	4	4	3	5	4	3	5	5
Середнє значення	3,75	4,38	3,50	4,25	3,88	3,38	4,50	4,13
Ранг	6	2	7	3	5	8	1	4

Таблиця відповідей експертів (група 2)

	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8
1	3	5	4	4	5	3	4	4
2	4	4	5	5	4	4	4	3
3	4	4	4	5	3	3	4	4
4	4	3	5	4	4	4	5	4
5	4	4	4	4	4	4	5	3
6	4	4	4	5	5	3	3	4
7	4	4	3	4	5	3	5	4
8	3	4	3	4	4	5	4	4
9	3	5	4	4	3	4	5	3
Середнє значення	3,67	4,11	4,00	4,33	4,11	3,67	4,33	3,67
Ранг	7	3,5	5	1,5	3,5	7	1,5	7

Різниця рангів і квадрат різниці рангів

	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8
$(x_i - y_i)$	-1	-1,5	2	1,5	1,5	1	-0,5	-3
d_i	1	2,25	4	2,25	2,25	1	0,25	9

$$\rho = 0,738, T_{\text{спост}} = 2,68 > 2,31$$

Перелік операційно-управлінських критеріїв (з кодами)

ОУ1. Здатність до ефективної роботи в команді, навички міжособистісної взаємодії в умовах командної роботи

ОУ2. Здатність приймати обґрунтовані рішення

ОУ3. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми

ОУ4. Здатність демонструвати знання проектного менеджменту та бізнес-практик, навички управління проектами

ОУ5. Здатність планувати та управляти часом

ОУ6. Здатність спілкуватися рідною мовою (усно й письмово)

ОУ7. Здатність спілкуватися іншою мовою

ОУ8. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ОУ9. Здатність демонструвати навички використання інформаційних та комунікаційних технологій у ході виконання проекту і для представлення отриманих результатів

ОУ 10. Знання та розуміння предметної сфери та розуміння професії

Таблиця відповідей експертів (група 1)

	ОУ1	ОУ2	ОУ3	ОУ4	ОУ5	ОУ6	ОУ7	ОУ8	ОУ9	ОУ10
1	3	4	5	4	4	4	2	3	4	4
2	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4
3	4	4	4	4	4	3	4	2	3	4
4	5	4	3	5	4	5	4	3	5	4
5	4	3	4	5	3	4	2	2	5	3
6	5	5	4	4	3	4	4	3	4	3
7	5	4	4	4	3	5	4	4	4	3
8	3	5	4	4	3	3	5	5	4	4
Середнє значення	4,13	4,13	4,00	4,13	3,50	4,13	3,75	3,25	4,13	3,63
Ранг	3	3	6	3	9	3	7	10	3	8

Таблиця відповідей експертів (група 2)

	ОУ1	ОУ2	ОУ3	ОУ4	ОУ5	ОУ6	ОУ7	ОУ8	ОУ9	ОУ10
1	3	3	4	5	3	4	4	4	5	4
2	4	3	3	5	4	4	3	2	5	4
3	5	3	4	4	5	3	3	3	4	4
4	4	3	3	4	3	4	4	2	4	3
5	4	4	4	5	4	5	5	3	4	3
6	5	4	3	5	3	5	2	4	5	3
7	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4
8	5	3	4	5	4	5	3	2	5	3
9	4	4	3	4	4	4	3	4	5	3
Середнє значення	4,22	3,44	3,44	4,56	3,67	4,11	3,44	3,00	4,56	3,44
Ранг	3	7,5	7,5	1,5	5	4	7,5	10	1,5	7,5

Різниця рангів і квадрат різниці рангів

	ОУ1	ОУ2	ОУ3	ОУ4	ОУ5	ОУ6	ОУ7	ОУ8	ОУ9	ОУ10
$(x_i - y_i)$	-0,5	-4,5	-1,5	1,5	4	-1	-0,5	0	1,5	0,5
d_i	0,25	20,25	2,25	2,25	16	1	0,25	0	2,25	0,25

$$\rho = 0,730, T_{\text{спост}} = 3,02 > 2,23$$

Перелік комунікативно-особистісних критеріїв (з кодами)

КО1. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

КО2. Здатність адаптуватися та діяти в новій ситуації

КО3. Прагнення до збереження навколишнього середовища

КО4. Здатність вчитися та бути сучасно навченим, у тому числі здатність до розпізнання власних потреб та самостійного навчання впродовж життя

КО5. Здатність бути критичним і самокритичним

КО6. Комунікативні навички (включаючи спілкування з експертами з різних галузей)

КО7. Цінування та повага до різноманіття та мультикультурності

КО8. Здатність усвідомлювати рівні можливості та гендерні проблеми

КО9. Розуміння відповідальності за прийняті інженерні рішення, ціннісні орієнтири, саморефлексія

КО10. Підприємництво та ініціативність

Таблиця відповідей експертів (група 1)

	КО1	КО2	КО3	КО4	КО5	КО6	КО7	КО8	КО9	КО10
1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	3	5	3	4	4	4	3	3
3	5	4	4	4	4	5	3	3	4	3
4	3	4	4	5	4	4	3	2	4	4
5	2	4	4	5	3	3	2	3	5	3
6	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3
7	4	4	3	5	3	5	3	2	5	3
8	3	5	4	4	4	4	4	4	3	4
Середнє значення	3,63	4,13	3,50	4,50	3,50	4,13	3,38	3,13	4,00	3,38
Ранг	5	2,5	6,5	1	6,5	2,5	8,5	10	4	8,5

Таблиця відповідей експертів (група 2)

	КО1	КО2	КО3	КО4	КО5	КО6	КО7	КО8	КО9	КО10
1	3	3	4	5	4	5	4	3	5	4
2	2	4	4	5	3	3	3	2	5	3
3	3	4	4	4	3	4	5	3	4	4
4	4	5	4	4	3	4	2	2	5	3
5	2	4	4	5	4	5	5	3	4	4
6	3	4	3	5	3	4	4	4	5	3
7	4	4	3	5	4	3	3	3	4	4
8	3	3	4	5	3	5	3	4	4	3
9	4	4	3	4	4	4	3	4	5	4
Середнє значення	3,11	3,89	3,67	4,67	3,44	4,11	3,56	3,11	4,56	3,56
Ранг	9,5	4	5	1	8	3	6,5	9,5	2	6,5

Різниця рангів і квадрат різниці рангів

	КО1	КО2	КО3	КО4	КО5	КО6	КО7	КО8	КО9	КО10
$(x_i - y_i)$	-4,5	-1,5	1,5	0	-1,5	-0,5	2	0,5	2	2
d_i	20,25	2,25	2,25	0	2,25	0,25	4	0,25	4	4

$$\rho = 0,760, T_{\text{спост}} = 3,13 > 2,23$$

Фрагмент робочих матеріалів оцінювання когнітивного компонента

Навчальний рік: 2015– 2016

Кількість студентів: 16 осіб (94 % від кількості студентів у групі)

Дисципліна: Програмне забезпечення інформаційних систем та комплексів
(Модуль: Управління проектною діяльністю)

	ПІБ	Ког1		Ког2		Ког3		Ког4	Результат
		Тест 60- 100 балів	Нормування (для $60 < x < 99$ $= (x-59) * 2,5$; для $x=100$ рез=100	Практичні завдання	Нормування (для $60 < x < 99$ $= (x-59) * 2,5$; для $x=100$ рез=100	Завдання на застосу- вання	Норм	Оцінка проекту	Середнє значення (округлено до цілого)
1.	Б.Д.	62	8	64	13	11	37	10	17
2.	В.А.	68	23	60	3	12	40	14	20
3.	В.Р.	65	15	75	40	9	30	22	27
4.	Г.Л.	70	28	90	78	25	83	46	59
5.	М.В.	90	78	90	78	25	83	50	72
6.	М.Т.	-	-	12	-	7	23	0	-
7.	М.І.	61	5	65	15	5	17	28	16
8.	М.В.	90	78	82	58	23	77	54	67
9.	Н.С.	85	65	90	78	23	77	58	70
10.	Пр.А.	78	48	83	60	21	70	50	57
11.	П.А.	62	8	63	10	13	43	21	21
12.	С.В.	72	33	75	40	20	67	40	45
13.	С.Т.	60	3	60	3	5	17	40	16
14.	С.В.	60	3	70	28	8	27	44	26
15.	Ц.Д.	77	45	75	40	17	57	36	45
16.	Ш.Р.	90	78	90	78	25	83	76	79
17.	Щ.М.	90	78	85	65	25	83	84	78
		62	8	64	13	11	37	10	17

Приклад теоретичних запитань різних типів (Ког1)

Тест (запитання із закритою формою)

1. Управління проектами – це:

- діяльність команди управління проектом;
- процес планування, організації й контролю за станом завдань і ресурсів проекту, спрямований на своєчасне досягнення мети проекту;
- комплекс заходів для отримання нового продукту чи послуги, спрямованої на задоволення потреб ринку;
- комплекс заходів, спрямованих на досягнення визначеної мети при певних вимогах до термінів, бюджету й характеристик очікуваних результатів.

2. Зміна тривалості критичних завдань приводить до:

- затримки всього проекту;
- затримки інших робіт;
- не спричиняє змін.

3. Критеріями інновації є:

- а) фундаментальність;
- б) науково-технічна новизна;
- в) можливість практичного втілення;
- г) відповідність міжнародним стандартам.

4. Віхи – це:

- а) завдання, що можуть поєднуватися в групи (або фази), і завдання, що включають підзавдання;
- б) зв'язки, що визначають порядок виконання задач, залежно одна від одної;
- в) документи, що показують дати початку і завершення робіт;
- г) етапні завдання, виконання яких приводить до досягнення важливого проектного результату або завершення однієї з фаз.

Відкрита форма (з ключовими словами за таксономією Блума-Андерсона)

1. *Окресліть* основні труднощі, що виникають при розробленні програмного забезпечення.
2. *Дайте визначення* поняття «проект» у контексті різних видів інженерної діяльності. Наведіть приклади.
3. *Опишіть* основні недоліки каскадних моделей розроблення програмного забезпечення.
4. *Порівняйте* каскадну та спіральну моделі розроблення програмного забезпечення.
5. *Опишіть* архітектуру процесу розроблення програмного забезпечення в Rational Unified Process.
6. *Поясніть* структуру життєвого циклу процесу розроблення інженерних об'єктів, процесів і систем.
7. *Опишіть* п'ять рівнів зрілості виробничого процесу відповідно до моделі СММ.
8. *Наведіть* основні принципи гнучких технологій розроблення програмного забезпечення.
9. *Опишіть* ітераційний процес розроблення програмного забезпечення.
10. *Опишіть* основні розходження між гнучкими й традиційними технологіями розроблення програмного забезпечення. Здійсніть їх порівняльний аналіз.
11. *Оцініть* гнучкі технології в контексті інженерного проектування.

Приклад практичних завдань (Ког2)

Варіант 1

1. Визначте завдання та можливості сіткового планування.
2. Виконайте двоспрямовану структурування проекту запуску університетської астрономічної обсерваторії. Проведіть кодування робочої та організаційної структур, побудуйте STR-словник.

Варіант 2

1. Опишіть принципи побудови сіткових графіків.

2. Виконайте двоспрямовану структуру проекту запуску нового комп'ютерного класу. Проведіть кодування робочої та організаційної структур, побудуйте CTR-словник.

Варіант 3

1. Які підходи застосовуються до структуризації проектів.
2. Побудуйте сітковий графік за наступними даними

Код роботи	Зміст роботи	Попередня робота	Тривалість, тижнів
P11	Добір і підготовка тестувальників (QA)	-	5
P12	Добір і підготовка програмістів (SD)	-	6
P13	Добір і підготовка системних архітекторів (SA)	-	9
P21	Підготовка офісу	-	6
P22	Розміщення замовлення	-	5
P23	Доставка і монтаж устаткування	P21; P22	4
P31	Розроблення програмного забезпечення	P11; P12; P13	14
P32	Тестування програмного забезпечення	P23; P31	5
Усього			54

Приклад практичних завдань (КогЗ) – Робота з MS Project

1. Створення нового проекту

Завдання:

1. Створити новий проект.
2. Заповнити відомості про проект відповідно до варіанта завдання.
3. Змінити базовий календар проекту, враховуючи, що не всі виконавці працюють повний робочий день?
4. Додати до проекту супровідну документацію та гіперпосилання.

Контрольні запитання:

1. Яке призначення шаблонів проектів?
2. У чому полягає різниця між плануванням проекту від дати початку чи від дати його закінчення?
3. Які базові календарі використовуються в MS Project?
4. Як чином можна змінити базовий календар?
5. Як додати до складу проекту проектну документацію?
6. Як використовуються гіперпосилання у проектах MS Project?

2. Створення розкладу проекту

Завдання:

1. Записати задачі проекту в табличну частину діаграми Ганта.
2. Упорядкувати задачі проекту відповідно до логіки проекту.
3. Ввести коди структурної декомпозиції робіт.

Контрольні запитання:

1. Що таке розклад проекту?
2. Як відображаються задачі у діаграмі Ганта?
3. Як здійснити імпорт задач проекту з MS Excel?

4. Як додати до проекту задачу, що повторюється?
5. Які існують у MS Project засоби для управління ієрархією проекту?
6. Для чого призначені коди структурної декомпозиції робіт?

Приклад завдань, пов'язаних із застосуванням критичного мислення у контексті інженерних проектів (Ког4)

Оцініть матеріали проекту (проект обирається серед тих, що виконувалися в попередні роки або з матеріалів, що є у відкритому доступі). Структура оцінювання розроблена з використанням матеріалів Р. Нієвохнера «A Critical Thinking Model for Engineering». 2nd International CDIO Conference. Linkoping University, Linkoping, Sweden, 13-14 June 2006.

1. Призначення проекту
 - 1а. Формулювання мети проекту.
 - 1б. Відповідність мети потребам ринку.
 - 1в. Відповідність мети потребам замовника.
2. Характеристики розробки
 - 2а. За якими показниками система максимально задовольняє потребам ринку і замовника?
 - 2б. Яким чином оцінюється така відповідність?
 - 2в. Чи для виконання проекту потрібно розробляти нову технологію?
 - 2г. Співвідношення час-потреби ринку.
3. Інженерна інформація
 - 3а. Вхідна інформація проектної розробки. Чи є брак інформаційних ресурсів?
 - 3б. Наскільки релевантними є обрані джерела?
 - 3в. Які експерименти потрібно виконати для досягнення мети проекту?
 - 3г. Які додаткові проблеми мають бути вирішені?
 - 3д. Чи було здійснено попередні аналітичні й експериментальні дослідження?
 - 3е. Інноваційні ідеї та винахідництво.
4. Ризики й безпека
 - 4а. Чи є прийнятними екологічні показники?
 - 4б. Чи є прийнятними соціальні показники?
 - 4в. Чи висвітлені критерії вибору «найкращого» чи «оптимального» рішення?
 - 4г. Чи визначено потреби до виконавців проекту?

Фрагмент робочих матеріалів оцінювання діяльнісного компонента

Приклад завдань для перевірки здатності до інтеграції теорії і практики для вирішення інженерних проблем (Дія1)

Використовуючи засоби LabVIEW, створити програмний комплекс для лабораторної установки з визначення теплоємності твердих та сипучих тіл.

Завдання

1. Проаналізувати фізичні поняття й закономірності щодо теплоємності твердих та сипучих тіл та методів її вимірювання.
2. Детально описати всі вимірювальні процедури, визначивши процедури, що можуть бути автоматизовані. Обрати методику перетворення даних, отриманих на виході термопари в температуру.
3. Скласти технічне завдання програмного забезпечення для управління системою збору даних.
4. Розробити програмне забезпечення засобами NI LabVIEW. Перевірити його коректність, використовуючи масиви даних Sample1.xls та Sample2.xls, що містять дані в мВ.

Приклад завдань для перевірки здатності використовувати сучасне програмне забезпечення інженерного призначення (Дія2)

Здійснити розроблення моделі об'єкта автоматизації засобами Simulink та визначити характеристики моделі з використанням пакету System Identification Toolbox.

Завдання

1. Змоделювати роботу сушильної установки. Вигляд передаточної функції $W(s) = \frac{1}{K_1s+1} \cdot \frac{L}{K_2s+1}$ (аперіодична ланка другого порядку) обрати за варіантами.

№ варіанта	K1	K2	L
1	3,25	0,75	3
2	14,0	2,8	16
3	4,25	0,65	2,5
4	16,0	2,6	14
5	5,25	0,55	2

2. За отриманими даними здійснити побудову моделей AR, ARX, ARMAX, Output-Error, Бокса-Дженкінса. Перевірити отримані моделі на адекватність.

3. Побудувати імпульсні й частотні характеристики отриманої моделі. Здійснити аналіз стійкості за амплітудою і за фазою. Здійснити додатковий аналіз стійкості з використанням діаграми Найквіста.

4. Зробити узагальнення стосовно властивостей побудованих моделей. Обґрунтувати вибір оптимальної моделі.

Література: Дьяконов В. П., Круглов В. В. (2001). MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. Из-дво Питер.

Приклад матеріалів анкетування студентів щодо здатності здійснювати пошук інформації з різних джерел, її обробку і аналіз для інженерно-технічних потреб (Дія3). Підготовано за матеріалами (Head & Eisenberg, 2010)

№ з/п	Запитання й варіанти відповідей
1.	Якими джерелами Ви користуєтеся під час пошуку інформації для проектної діяльності? <ul style="list-style-type: none"> – Вікіпедія; – електронні журнали за тематикою роботи; – технічна документація і специфікації, що надаються сайтами спеціалізованих компаній (для апаратного і програмного забезпечення); – форми за тематикою проекту; – книги, посібники тощо; – блоги; – інше.
2.	Оберіть критерії, за якими Ви оцінюєте знайдені в Інтернеті матеріали: <ul style="list-style-type: none"> – актуальність (дата публікації); – інформація про авторів; – належність сайту (видавництво, навчальний заклад, відкриті джерела тощо); – оформлення сайту; – за наявними посиланнями на інші веб-джерела; – за наведеними бібліографічними посиланнями; – сайти, що використовувалися раніше; – за рекомендацією викладачів; – інше.
3.	До кого Ви звертаєтесь у випадку труднощів з пошуком інформації? <ul style="list-style-type: none"> – викладачі/консультанти проектів; – одногрупники; – друзі/сім'я; – бібліотекари; – інше.
4.	Як Ви впорядковуєте знайдену інформацію? <ul style="list-style-type: none"> – зберігаю без сортування; – відразу сортую за належністю (загальна інформація, технічна документація, статті тощо); – сортую та перейменовую файли для полегшення роботи з ними; – використовую спеціальні менеджери посилань; – використовую спеціальні нотатки.

5.	Як Ви опрацьовуєте знайдені матеріали? <ul style="list-style-type: none"> – роблю нотатки в окремому файлі; – використовую вбудовані засоби для коментування й приміток; – копіюю фрагменти знайдених матеріалів в окремий файл із зазначенням джерела; – копіюю фрагменти знайдених матеріалів в окремий файл без зазначення джерела.
6.	Які стилі оформлення джерел та посилань Ви знаєте?
7.	Як Ви формуєте список посилань на знайдені джерела? <ul style="list-style-type: none"> – вручну виконую набір та форматування; – використовую вбудовані можливості текстових редакторів; – використовую можливості Google Scholar; – використовую спеціалізовані менеджери посилань (EndNote тощо).
8.	Як Ви перевіряєте інформацію на достовірність? <ul style="list-style-type: none"> – розглядаю всю знайдену інформацію як достовірну; – шукаю інформацію з декількох джерел і порівнюю; – шукаю оригінальну (авторську) публікацію, за посиланнями, що наводяться в статтях, тощо.

Приклад завдання для перевірки здатності розробляти й описувати процедуру вирішення інженерних проблем, обираючи та використовуючи відповідне обладнання, інструменти й методи (Дія 4)

Створення програмно-апаратного комплексу вимірювання термодинамічних параметрів. Вимірюваними параметрами є температура (у діапазоні) та вологість. Отримані дані мають передаватися та оброблятися в системі Ni LabVIEW (обов'язковим елементом є мікропроцесорна плата Arduino, тип якої потрібно дібрати самостійно). За результатами розробки потрібно підготувати комплекс інструкцій з роботи зі створеним програмно-апаратним комплексом для можливих сценаріїв використання установки. Визначити наявні перспективи використання розробки в освітньому процесі чи для виробничих завдань.

Фрагмент робочих матеріалів оцінювання операційно-управлінського компонента

Підготовано за матеріалами (Shinde, Design of Course Level Project Based Learning Models for an Indian Engineering Institute: An assessment of students' learning experiences and learning outcomes, 2014)

№з/п	Твердження	1	2	3	4	5
1	Робота в команді була випробуванням для мене					
2	Співпраця в команді критична для успішного завершення проекту					
3	Моя команда допомагала мені зрозуміти ідеї та матеріали проекту					
4	Я навчився сприймати різні погляди					
5	Я навчився планувати роботу команди					
6	Я виконував роль лідера команди					
7	Я виконував різні ролі в команді					
8	Я був активним під час обговорення проекту					
9	Я виконував завдання проекту вчасно					
10	Я використовував інформаційно-комунікаційні технології для роботи в команді					
11	Ролі в команді були визначені відразу й не змінювалися в ході проекту					
12	Я мав труднощі в спілкуванні з окремими членами команди					
13	Я вважаю розподіл обов'язків у команді справедливим					
14	Я вважаю, що викладач/консультант допоміг організувати співпрацю					
15	Я навчився нового, саме в співпраці з командою					

Самооцінювання студентів за результатами виконання проекту

№з/п	Твердження	1	2	3	4	5
1	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел					
2	Здатність працювати в команді					
3	Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово					
4	Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях					
5	Здатність планувати та управляти часом					
6	Здатність бути критичним та самокритичним					
7	Здатність вчитися і бути сучасно навченим (у тому числі здатність навчатися самостійно)					
8	Фундаментальні знання з основних дисциплін					

Фрагмент робочих матеріалів оцінювання комунікативно-особистісного компонента (навички самоспрямованого навчання)

Підготовано за матеріалами (Williamson, 2007)

№з/п	Твердження	1	2	3	4	5
1.	Сприйняття навчального процесу					
1.1	Я розумію, чого я хочу навчитися					
1.2	Я вмію обирати ефективні методи для власного навчання					
1.3	Я розглядаю викладачів як консультантів, а не лише як джерело інформації					
1.4	Я постійно стежу за різними доступними навчальними ресурсами					
1.5	Я відповідаю за власне навчання					
1.6	Я відповідаю за визначення напрямів, за якими у мене є труднощі					
1.7	Я здатний планувати та досягати поставлених навчальних цілей					
1.8	Мені потрібно розмежовувати мою навчальну діяльність та інші справи					
1.9	Я пов'язую мій досвід та нову інформацію					
1.10	Я відчуваю, що я навчаюся нового і поза університетом					
2.	Навчальні стратегії					
2.1.	Я беру участь у групових обговореннях					
2.2.	Я вважаю допомогу одногрупників ефективною					
2.3	Я вважаю, що гейміфікація навчання є корисним методом					
2.4	Я вважаю інтерактивні методи (взаємодія викладач–студент) ефективнішими від традиційних навчальних підходів (лекції)					
2.5	Я вважаю, що корисно використовувати онлайн курси					
2.6	Я вважаю метод кейсів (коли на заняттях розглядаються практичні задачі) є ефективним					
2.7	Я налаштований постійно розвиватися та вдосконалюватися під час навчання					
2.8	Я розглядаю проблеми, що виникають під час навчання як виклик					
2.9	Я вмію оптимально організовувати поточні навчальні завдання					
2.10	Я завжди роблю нотатки (не лише з окремих дисциплін, але й різні власні ідеї)					
2.11	Я вважаю, що сучасні навчальні підходи дуже корисні					
2.12	Я вмію обирати оптимальні навчальні стратегії (чого і як учитися в житті)					
3.	Навчальна діяльність					
3.1	Я повторюю і переглядаю вивчене					
3.2	Я ідентифікую ключові поняття і моменти, опрацьовуючи навчальний матеріал					

3.3	Я вмію використовувати інформаційно-комунікаційні технології					
3.4	Я вмію концентруватися, коли вирішую складні завдання					
3.5	Я пишу короткі висновки про вивчений матеріал					
3.6	Мені подобається вивчати нову інформацію, що виходить за межі навчання					
3.7	Я здатний поєднувати теорію і практику					
3.8	Я ставлю запитання під час та після занять					
3.9	Я здатний аналізувати й критично оцінювати нові ідеї, інформацію, освітні підходи					
3.10	Я відкритий до нових ідей					
4.	Оцінювання					
4.1	Я оцінюю свою роботу, як дізнаюся оцінку від викладача					
4.2	Я визначаю напрями для власного подальшого розвитку незалежно від отриманої оцінки					
4.3	Я вмію моніторити мій навчальний процес					
4.4	Я вмію ідентифікувати свої переваги та слабкості					
4.5	Я позитивно сприймаю, коли мою роботу перевіряють та коментують					
4.6	Я вважаю, що і успіх, і невдача є корисними для подальшого розвитку					
4.7	Я розглядаю критику як основу для подальшого покращення мого навчання					
4.8	Я оглядаю та осмислюю свою навчальну діяльність					
4.9	Я вважаю, що навчатися нового є випробуванням					
4.10	Мене надихає успіх інших					
5.	Міжособистісні якості					
5.1	Мені цікаво дізнаватися найрізноманітнішу нову інформацію (не тільки за спеціальністю)					
5.2	І здатний ідентифікувати мою роль у групі					
5.3	Моя взаємодія з іншими допомагає мені будувати план для подальшого навчання					
5.4	Я намагаюся використовувати різні можливості (відвідувати семінари, проходити онлайн курси, стажування, брати участь у конкурсах)					
5.5	Я обмінююся інформацією з іншими					
5.6	Я підтримую гарні стосунки з іншими студентами					
5.7	Мені легко організувати співпрацю з іншими					
5.8	Мені легко виступати перед аудиторією					
5.9	Я розумію наслідки використання інженерних технологій (екологія, безпека)					
5.10	Я вмію описувати свої ідеї					

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії та розділи монографій

1. Луценко Г. В. Професійна підготовка майбутніх інженерів на засадах проектно орієнтованого навчання: монографія. Черкаси, 2017. 296 с.

2. Lutsenko G. V. Case-study of Mathematics Diagnostic Testing of Ukrainian Engineering Students. Conceptual framework for improving the mathematical training of young people : [monograph] / Eds. prof. N. Tarasenkova, L. Kyba. Budapest, 2016. pp. 145–152.

Статті в зарубіжних і вітчизняних наукометричних виданнях:

3. Lutsenko G. V. Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students. *European Journal of Engineering Education*. London, 2018. Vol. 46, № 6. 2018. 895-910. doi: 10.1080/03043797.2018.1454892.

4. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Проектно орієнтоване навчання: точка зору українських викладачів STEM-дисциплін. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2018. VI (65), Issue: 155. P. 36–39.

5. Луценко Г. В. Проблемно та проектно орієнтоване навчання у контексті потреб української інженерної освіти. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2018. VI (64), Issue: 154. P. 40–43.

6. Луценко Г. В. Програмні засоби National Instruments у навчанні основ ідентифікації об'єктів автоматизації студентів-інженерів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2018. Том. 63, №1. С. 146–161. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1847/1297>

7. Луценко Г. В. Інженерна освіта в постіндустріальному суспільстві. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2017. V (25), Issue 147. P. 22–25.

8. Lutsenko G. V. Collaborative projects for engineering students. *Science and Education a New Dimension*. Budapest, 2017. V (61), Issue: 141. P. 41–44.

9. Луценко Г. В. Організаційні аспекти впровадження проектно орієнтованого навчання для студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*. Глухів, 2017. Вип. 35 (3). С. 71–78.

10. Луценко Г. В. Використання гібридного проблемно орієнтованого навчання при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2017. № 9. С. 89–99.

11. Луценко Г. В. Дослідження готовності студентів фізико-математичних та інженерних спеціальностей до проектно-орієнтованого навчання. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2015. Том 36, № 369. С. 89–97.

12. Луценко Г. В. Компетентнісний підхід у контексті математичної підготовки майбутніх інженерів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2015. Том 20, № 353. С. 112–120.

13. Луценко Г. В., Бевз В. П. Організація проектно-орієнтованого навчання майбутніх інженерів у вивченні методології управління проектами. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2015. Том 45, № 1. С. 123–133. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1152/882>

14. Луценко Г. В. Використання засобів LabVIEW у процесі обробки експериментальних даних статистичними методами. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2013. Том. 35, № 3. С. 120–134. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/816/633>

Статті в наукових фахових виданнях

15. Луценко Г. В. Концепція професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*. Київ, 2018. № 15. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_8e3bb72673a5449693cdc89b6989a1e4.pdf.

16. Луценко Г. В. Система професійної підготовки майбутніх інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання. *Теорія і методика професійної освіти*. Київ, 2018. № 14. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/2f377b_151df214df5f4138bcbd9c194cba5051.pdf.

17. Луценко Г. В. Огляд сучасних стандартів підготовки інженерних кадрів. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки*. Миколаїв, 2017. № 4 (59). С. 305–310.

18. Луценко Г. В., Козуля Л. В. Аналіз особливостей впровадження проблемно-орієнтованого навчання у системі вищої освіти України. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. Чернігів, 2016. Вип. 138. С. 91–95.

19. Луценко Г. В., Бевз В. П. Проектно-орієнтована інженерна освіта – сучасні тенденції та перспективи. *Вища освіта України*. Київ, 2012. Вип. 3 (46), том 3. С. 70–79.

20. Луценко Г. В. Методика створення модулів обробки експериментальних даних у середовищі LabVIEW. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2012. Том 12, № 225. С. 61–67.

21. Луценко Г. В., Бевз В. П. Особливості професійного формування студентів інженерних спеціальностей. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2011. Вип. 209 (Ч. 2). С. 123–128.

22. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Використання автоматизованих систем управління у навчальній та науковій діяльності. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2010. Вип. 189. Частина 1. С. 39–45.

23. Луценко Гр. В., Луценко Г. В. Науково-дослідницька діяльність студентів у творчих колективах як методологічна основа підвищення якості підготовки фахівців. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2010. Вип. 181. Частина 3. С. 137–140.

24. Боть О. М., & Луценко Г. В. Автоматизована інформаційна система дистанційної підтримки навчальної дисципліни. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2009. Вип. 164. С. 63–67.

25. Луценко Гр. В., Луценко Г. В. Створення Internet-порталу «Дифузія та дифузійні фазові перетворення. DIFTRANS». *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2009. Вип. 165. С. 153–155.

26. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Упровадження віртуальних лабораторних практикумів при вивченні фізичних процесів. *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*. Черкаси, 2008. Вип. 137. С. 159–163.

Матеріали і тези конференцій

27. Луценко Г. В. Мультидисциплінарні підходи при навчанні дисциплін математичного, природничого та професійного циклів. *Проблеми математичної освіти: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 26–28 жовтня 2017 р.)*. Черкаси, 2017. С. 238–239.

28. Луценко Г. В. Використання діагностичних тестів з математики при підготовці студентів інженерних спеціальностей. *Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Одеса, 15–16 вересня 2016)*. Харків, 2016. С. 108–110.

29. Луценко Г. В. Дослідження структури математичної компетентності майбутніх інженерів. *Проблеми математичної освіти: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 4–5 червня 2015)*. Черкаси, 2015. С. 129–130.

30. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Використання засобів LabVIEW при вивченні статистичних методів обробки даних. *Проблеми математичної освіти:*

матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 8–10 квітня 2013). Черкаси, 2013. С. 277–278.

31. Луценко Г. В. Використання середовища LABVIEW у навчальному процесі для створення модулів обробки графічних даних. *Актуальні проблеми і перспективи дидактики фізики*: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Черкаси, 26–28 квітня 2012). Черкаси, 2012. С. 34–35.

32. Луценко Г. В. CDIO-ініціатива у контексті інженерної освіти. *Удосконалення форм і методів підготовки професійно компетентних працівників освіти* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 19–20 квітня 2011). Черкаси, 2011. С. 68–69.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

33. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Автоматизація наукових досліджень: навчальний посібник для студентів університетів. Черкаси, 2009. 248 с.

34. Луценко Г. В., Луценко Гр. В., Корнієнко С. В. Імітаційне моделювання процесів електродинаміки: лабораторний практикум для студентів університетів. Черкаси, 2013. 70 с.

35. Луценко Г. В. Комп'ютерні технології управління проектами: навчально-методичний посібник для студентів університетів. Черкаси, 2014. 84 с.

36. Луценко Г. В. Системи ідентифікації та моделювання об'єктів автоматизації: лабораторний практикум для студентів закладів вищої освіти. Черкаси, 2018. 58 с.

37. Луценко Г. В. Термодинаміка та теплотехніка: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 16 с.

38. Луценко Г. В. Управління інноваційними проектами: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.

39. Луценко Г. В. Технічні засоби автоматизації наукових досліджень (для студентів спеціальності 7.092502 – комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва): програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.

40. Луценко Г. В. Основи систем автоматизованого проектування: програма навчальної дисципліни. Черкаси, 2011. 12 с.

41. Луценко Г. В. Використання середовища LabVIEW у процесі підготовки студентів-фізиків. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. Чернігів, 2011. Вип. 89. С. 315–319.

42. Гриценко В. Г., Луценко Г. В. UML-моделювання інформаційно-аналітичної системи «Навчальний план». *Інформаційні технології і засоби*

навчання. Київ, 2011. № 2 (22). URL: http://lib.iitta.gov.ua/706851/1/aisnn_uml.pdf.

43. Луценко Г. В., Люта М. В., Фільченко С. Г. Робота з віртуальними вимірювальними приладами засобами середовища LabVIEW. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2013. № 4(72). С. 15–21.

44. Луценко Г. В., Люта М. В., Головенський М. В., Сторчак О. А. Використання автоматизованих систем управління при розробці інформаційних систем. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2012. № 3. С.19–25.

45. Луценко Г. В., Люта М. В., Попадянець А. В. Автоматизована система управління проектом розробки веб-порталу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2011. №1 (57). С. 36–43.

46. Луценко Г. В., Луценко Гр. В., Товкач С. С., Савісько А. В., Світличний Є. О. Розробка спеціалізованої системи збору даних. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2010. № 3 (53). С. 59–64.

47. Луценко Г. В., Луценко Гр. В. Проектування автоматизованої інформаційної системи у середовищі Rational Rose. *Вісник Київського національного університету технологій і дизайну*. 2009. Вип. 1 (45). С. 30–34.

**ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО
ДОСЛІДЖЕННЯ НА КОНФЕРЕНЦІЯХ**

Міжнародних:

1. «Reforming European Higher Education – From Policy to Practice» (Київ, Україна, 8-9 червня 2018 р., очна участь, без публікації).
2. «Actual Problems of Science and Education» (Budapest, Hungary, 28 January 2018, заочна участь).
3. «Problems of Humanities and Social Sciences» (Budapest, Hungary, 19 November 2018, заочна участь).
4. «Проблеми математичної освіти» (Черкаси, Україна, 26-28 жовтня 2017 р., очна участь, матеріали доповіді).
5. «Pedagogy and Psychology in the age of globalization» (Budapest, Hungary, 15 October 2017, заочна участь).
6. «8th World Conference On Learning, Teaching And Educational Leadership» (Lisbon, Portugal, 26-28 October 2017, заочна участь, тези).
7. International Conference Problem-Based Learning (PBL) «Promoting competences, shaping the future» (Zurich, Switzerland, 16-17 June 2016, заочна участь, тези).
8. «Проблеми математичної освіти» (Черкаси, Україна, 4-5 червня 2015 р., очна участь, матеріали доповіді).
9. «6th World Conference On Learning, Teaching And Educational Leadership» (Paris, France, 29-31 October 2015, заочна участь, тези).
10. «Проблеми математичної освіти» (Черкаси, Україна, 8-10 квітня 2013 р., очна участь, матеріали доповіді).
11. «Удосконалення форм і методів підготовки професійно компетентних працівників освіти» (Черкаси, Україна, 19-20 квітня 2011 р., очна участь, тези).

Всеукраїнських:

1. «Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи» (Одеса, 15-16 вересня 2016 р., заочна участь, доповідь),
2. «Інноваційні технології в освіті та вихованні: історія і сучасність» (Глухів, 15-16 жовтня 2015 р., очна участь).



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

Бульвар Т.Шевченка, 81, м. Черкаси, 18031, тел./факс: (0472) 35-44-63, 37-21-42,
 e-mail: cic@cdu.edu.ua Код ЄДРПОУ 02125622

13.06.2018 № 164/03
 на № _____

Довідка

про впровадження результатів дослідження
Луценко Галини Василівни
«Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів
в умовах проектно орієнтованого навчання»,
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Протягом 2008-2018 рр. доцент Г.В. Луценко проводила дослідно-експериментальну роботу, результати якої запроваджено в практику освітнього процесу Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького при підготовці студентів спеціальності «151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

На основі розробленого доцентом Г.В. Луценко навчально-методичного забезпечення здійснювалося експериментальне навчання студентів із курсів «Системи проектування, ідентифікації та моделювання», «Технічні засоби автоматизації наукових досліджень», «Управління інноваційними проектами» тощо. Розроблене автором забезпечення використовувалося в організації проектної діяльності студентів при написанні курсових, бакалаврських та магістерських робіт. Дослідну роботу було спрямовано на формування в студентів розвинутих навичок проектної діяльності, застосування отриманих знань у практичних ситуаціях, навичок співпраці та комунікації. Основні теоретичні аспекти дослідження та методичні рекомендації були опубліковані у наукових та методичних публікаціях, монографії, навчальних посібниках.

Теоретико-методичні результати дослідження Г.В. Луценко схвалено на засіданні кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій (витяг з протоколу засідання кафедри №11 від 29 травня 2018 р.).

Апробація та впровадження результатів дослідження переконують у своєчасності та актуальності даної проблеми. Результати дослідження рекомендується впроваджувати в освітній процес вищих навчальних закладів.

Проректор з наукової, інноваційної та міжнародної діяльності



С.В. Корновенко



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

просп. Волі, 13, м. Луцьк, 43025, тел. (0332) 24-10-07, факс (0332) 72-01-23
e-mail: post@eenu.edu.ua, web: http://www.eenu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125102

15.06.2018 № 03-28/02/1718 Г

на № _____ від _____

Г Довідка
Г про впровадження результатів дослідження
Луценко Галини Василівни
з теми: «Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх інженерів
в умовах проектно орієнтованого навчання»
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Розроблене навчально-методичне забезпечення з організації колективних студентських проєктів, яке відкриває широкі можливості для модернізації освітніх програм підготовки студентів інженерних спеціальностей на засадах проблемно та проектно орієнтованого навчання, було впроваджено протягом 2015-2017 рр. у практику Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

Важливим елементом підготовки студентів інженерних спеціальностей, який пов'язаний із розвитком системної взаємодії між роботодавцями та вищими навчальними закладами, є формування навичок управління проєктами, здатності до співпраці та розвитку комунікативних якостей, уміння репрезентувати отримані результати. Розроблені автором вимоги до наповнення студентських проєктів, процедурні питання їх реалізації та оцінювання мають важливе прикладне значення, а навчальний посібник «Автоматизація наукових досліджень» та навчально-методичний посібник «Комп'ютерні технології управління проєктами» забезпечують просування сучасних програмних продуктів, опанування яких є важливою складовою професійної підготовки студентів інженерних спеціальностей.

Дослідну роботу було спрямовано на формування культури самостійної організації та управління проектною діяльністю майбутніх випускників інженерних спеціальностей як важливого показника їх професійних якостей та конкурентоспроможності.

Апробація та впровадження результатів дослідження переконують у своєчасності та актуальності даної проблеми. Результати дослідження рекомендується впроваджувати у освітній процес вищих навчальних закладів.

Перший проректор,
проректор з адміністрування та розвитку



 А. В. Цьось

Глова І. В.
0332248957



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О. С. ПОПОВА
(ОНАЗ ім. О. С. Попова)

вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, 65029, тел. (048) 705-03-33, факс (048) 705-04-31
http://www.onat.edu.ua, e-mail: onat@onat.edu.ua, код ЄДРПОУ 01180116

На № 11.06.2018 від № 04-09/153

Довідка
про впровадження результатів дослідження
Луценко Галини Василівни
з теми: "Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх
інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання"
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Пошук ефективних студенто орієнтованих педагогічних підходів є важливим елементом модернізації системи вищої інженерної освіти України. До ключових факторів, що визначають таку потребу, слід віднести не лише намагання України повноцінно ввійти до європейського освітнього простору, а й вимоги часу, пов'язані саме з потребами інженерної освіти. Реформування освітніх програм підготовки майбутніх інженерів має здійснюватися одночасно за декількома напрямками, перший з яких пов'язаний з дотримання релевантних для сучасного світу вимог до компетентностей майбутнього інженера, важливе місце серед яких посідають якості пов'язані з управлінням проектною діяльністю та вмінням співпрацювати з експертами з різних галузей.

Розроблене в рамках дослідження навчально-методичне забезпечення для організації навчальних курсів на засадах проектної діяльності студентів було впроваджено протягом 2016-2017 рр. у практику Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова. Указане навчально-методичне забезпечення включає детальний опис структури проектно орієнтованого навчального курсу, перелік предметних та загальних компетентностей та відповідних результатів навчання, опис підходів до вибору тематики студентських проектів, їх тривалості та особливостей організації роботи студентів у групах, оцінювання навчальних досягнень студентів.

Дослідну роботу було спрямовано на формування в майбутніх інженерів предметних та загальних компетентностей у сфері управління проектною діяльністю та встановленню зв'язків між готовністю студентів до управління проектами та до самоспрямованого навчання.

Апробація та впровадження результатів дослідження переконують в своєчасності та актуальності даної проблеми.

Результати дослідження рекомендуються впроваджувати в навчально-виховний та управлінський процес вищих навчальних закладів.

Проректор з наукової роботи
ОНАЗ ім. О.С. Попова



Міністерство освіти
і науки України



Ministry of Education
and Science of Ukraine

УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-
ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ

UKRAINIAN ENGINEERING
PEDAGOGICS ACADEMY

вул. Університетська, 16,
м. Харків, 61003, Україна

Тел.: (057)731 28 62; факс: (057)731 32 36
E-mail: rektor@uipa.edu.ua
Web: <http://uipa.edu.ua>
Код ЄДРПОУ 02071228

Universitets'ka str. 16,
Kharkiv, 61003, Ukraine

№ 105-02-66^с від 14 травня 2018р

Довідка
про впровадження результатів дослідження
Луценко Галини Василівни
з теми: "Теоретико-методичні засади професійної підготовки майбутніх
інженерів в умовах проектно орієнтованого навчання "
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
зі спеціальності 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

Вирішення інженерних задач із використанням сучасного програмного та апаратного забезпечення є важливим елементом професійної підготовки майбутніх інженерів у сфері комп'ютерних та інтегрованих технологій. Робота з сучасною ІТ-інфраструктурою сприяє розвитку якостей, важливих для успішного працевлаштування та адаптації майбутніх інженерів в обраній галузі, їх професійної мобільності. Використання в освітньому процесі сучасного програмного забезпечення сприяє контекстуалізації навчальної діяльності студентів інженерних спеціальностей, їх залученню до квазіпрофесійної діяльності та формуванню здатності застосовувати отримані знання на практиці, раціонально обираючи методи вирішення інженерних задач.

У системі програмного забезпечення інженерного та управлінського призначення особливе місце посідають програмні продукти, які дозволяють розробляти автоматизовані системи управління проектною діяльністю. Такі системи також використовуються при організації студентських проектів. Розроблений автором навчально-методичний посібник "Комп'ютерні технології управління проектами" впроваджувався в навчальній практиці Української інженерно-педагогічної академії протягом 2015-2017 рр. Дослідну роботу з його використання було спрямовано на формування в майбутніх інженерів навичок використання сучасного програмного забезпечення підтримки проектної діяльності.

Апробація та впровадження результатів дослідження переконують у своєчасності та актуальності даної теми.

Перший проректор
з науково-педагогічної роботи УІПА



А.П. Тарасюк