

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**МОДЛО Євгеній Олександрович**

УДК [004.382.76+004.738.5]:378.147

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ПРИСТРОЇВ  
У НАВЧАННІ БАКАЛАВРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ  
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті

01 – Освіта/Педагогіка

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Є. О. Модло

**Науковий керівник** – Семеріков Сергій Олексійович, доктор педагогічних  
наук, професор

Кривий Ріг – 2019

## АНОТАЦІЯ

**Модло Є. О.** Застосування мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті (01 – Освіта/Педагогіка). – Криворізький державний педагогічний університет Міністерства освіти і науки України. – Кривий Ріг, 2019.

Аналіз досвіду професійної підготовки бакалаврів електромеханіки в Україні та закордоном надав можливість визначити, що однією із провідних тенденцій її модернізації є синергетична інтеграція різних галузей інженерії (механічної, електричної, електронної інженерія та автоматизації) у мехатроніці з метою проектування, виготовлення, експлуатації та технічного обслуговування електромеханічного обладнання. Навчання мехатроніки передбачає змістову інтеграцію різних дисциплін професійно-практичної підготовки бакалаврів електромеханіки на основі концепції моделювання та технологічну інтеграцію різних форм організації та методів навчання на основі концепції мобільності. За такого підходу провідними засобами навчання бакалаврів електромеханіки стають мобільні інтернет-пристрої – мультимедійні мобільні пристрої, що надають бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних. У роботі розкрито основні можливості використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні для забезпечення рівного доступу до освіти, персоналізації навчання, миттєвого зворотного зв'язку і оцінки результатів навчання, організації мобільного навчання, ефективного використання часу в навчальних аудиторіях, формування мобільних навчальних спільнот, підтримки ситуаційного навчання, розвитку неперервного «безшовного» навчання, забезпечення зв'язку між формальним і неформальним навчанням,

мінімізації наслідків руйнування освітнього процесу в зонах військових конфліктів або стихійних лих, допомоги у навчанні особам з особливими освітніми потребами, підвищення якості комунікації та управління навчальним закладом й максимізації ефективності його витрат.

Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів – це особистісно-професійне утворення, яке включає систему знань, умінь, навичок, досвід навчально-дослідницької діяльності з моделювання мехатронних систем та позитивне ціннісне ставлення до неї й виявляється в готовності та здатності до застосування методів та програмно-апаратних засобів моделювання для аналізу процесів, синтезу систем, оцінки їх надійності та ефективності для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

Структуру компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відображено у трьох групах компетенцій: загальнонаукових (у прикладній математиці; в інформаційно-комунікаційних технологіях; у фундаментальних науках), загальнопрофесійних (застосування різних способів подання моделей; критичне мислення; розв'язання професійних задач засобами ІКТ; у електричних машинах) та спеціалізовано-професійних (у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів в них; у аналізі процесів в енергетичному обладнанні; у прийманні рішень по управлінню режимами електроенергетичних об'єктів та систем; у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах; у моделюванні електромеханічних систем).

Визначений у матрицях компетентностей зміст кожної компетенції дозволив розробити критерії оцінювання їх сформованості за 4 компонентами (когнітивним, праксеологічним, аксіологічним та інформаційно-комунікативним) на 4 рівнях (рівні несформованості, низькому, середньому та високому).

Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у

навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів побудована на основі компетентнісного, системного, міждисциплінарного, модельного та діяльнісного підходів та складається із трьох блоків: цільового, що конкретизує мету – формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів; змістово-технологічного, що відображає зв'язок змісту навчання із формуванням окремих складових компетентності та технологією використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів (системою із форм організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв, методів їх використання та засобів мобільних ІКТ); та діагностично-результатного, що містить критерії оцінювання, показники, рівні сформованості та засоби діагностики компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

Реалізацією технології використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів є відповідна методика використання, складовими якої є частинні методики використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукової, загальнопрофесійної та спеціалізовано-професійної складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, розкриті на прикладі навчальних дисциплін «Вища математика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Теоретична механіка», «Електричні машини», «Теорія автоматичного управління», «Моделювання електромеханічних систем», «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія електропривода».

Провідними формами організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв є демонстрації, лабораторні роботи, лекції, ділові ігри, робота в парах та малих групах, проєктна форма та консультації; провідними методами використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів – лекційний, частково-пошуковий, проблемний, дослідницький, метод помилок, метод

проєктів, метод демонстраційних прикладів, обчислювальний експеримент та програмування, а провідними засобами – мобільні комп'ютерні математичні системи (універсальні засоби, що використовуються на всіх етапах навчання моделювання), мобільні комунікаційні засоби (для організації спільної діяльності з моделювання), хмаро орієнтовані табличні процесори (як засоби моделювання, включно із нейромережевим), системи візуального моделювання (для структурного моделювання технічних об'єктів), мобільні засоби доповненої реальності (для візуалізації структури об'єктів та результатів моделювання), хмаро орієнтовані текстові редактори (для програмного опису моделей), мобільні системи автоматизованого проєктування (для створення та для перегляду фізичних властивостей моделей технічних об'єктів), спеціалізовані системи (для розрахунку електричних кіл), засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних (для імітаційного моделювання процесів в електроенергетичних системах).

До формульовального етапу педагогічного експерименту було залучено 201 студента спеціальності «Електромеханіка»: контрольна група – 150 студентів, що навчались за традиційною методикою, яка не передбачала системного використання мобільних інтернет-пристроїв, а експериментальна група – 51 студент, що навчались за розробленою методикою використання мобільних інтернет-пристроїв у процесі навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

Із застосуванням критерію Колмогорова-Смірнова встановлено, що до початку формульовального етапу педагогічного експерименту у розподілах студентів контрольних та експериментальних груп одного року вступу за результатами вступних випробувань не існує статистично значущих відмінностей. Після завершення формульовального етапу педагогічного експерименту було діагностовано інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та встановлено статистично значущі на рівні 0,99 відмінності у розподілах

студентів контрольних та експериментальних груп ( $\lambda = 1,752 > \lambda_{крит(0,01)} = 1,63$ ).

Виходячи з того, що в експериментальній групі була застосована розроблена методика використання мобільних інтернет-пристроїв, можна зробити висновок, що саме це було фактором підвищення рівня сформованості їхньої компетентності в моделюванні технічних об'єктів, а, отже, гіпотеза дослідження є доведеною.

Наукова новизна та теоретичне значення одержаних результатів полягає в тому, що: вперше теоретично обґрунтовані та розроблені: зміст компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та критерії її сформованості (когнітивний, праксеологічний, аксіологічний, інформаційно-комунікативний); модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; методика використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; уточнено поняття мобільного інтернет-пристрою як мультимедійного мобільного пристрою, що надає бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних; удосконалено систему засобів мобільних інформаційно-комунікаційних технологій навчання бакалаврів електромеханіки; дістала подальшого розвитку методика навчання бакалаврів електромеханіки комп'ютерного моделювання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблено та впроваджено в освітній процес закладів вищої освіти навчально-методичний комплекс з моделювання електромеханічних систем на основі використання мобільних інтернет-пристроїв у складі електронного навчального курсу (<https://vtutor.ccjournals.eu/course/view.php?id=75>), лекційних демонстрацій, лабораторних робіт, індивідуальних завдань, матеріалів для курсового й дипломного проектування та комп'ютерної

програми «Фільтр SageCell для Moodle» ([https://moodle.org/plugins/filter\\_sagecell](https://moodle.org/plugins/filter_sagecell)), що надає можливість виконувати код Sage на сервері SageMathCell та відображати результати виконання на сторінках системи підтримки навчання Moodle.

Виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів аналізованої проблеми. Подальші наукові пошуки її розв'язання доцільні за такими напрямками: застосування засобів доповненої реальності в навчанні майбутніх фахівців з мехатроніки; віртуалізація середовища професійно-практичної підготовки майбутніх фахівців з мехатроніки; SCADA-системи як засіб навчання бакалаврів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Результати дослідження можуть бути використані у навчанні моделювання майбутніх бакалаврів електромеханіки; розроблена модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів може бути використана у навчанні бакалаврів за інженерними напрямками підготовки у ЗВО.

*Ключові слова:* моделювання технічних об'єктів, бакалаври електромеханіки, мобільні інтернет-пристрої, компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів, методика використання мобільних інтернет-пристроїв у процесі навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

**Modlo Ye. O.** Using mobile Internet devices for learning bachelors of electromechanics to modeling technical objects. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Thesis for the degree of candidate of pedagogical science, in specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education (01 – Education/Pedagogics). – Kryvyi Rih State Pedagogical University of the Ministry of Education and Science of Ukraine. – Kryvyi Rih, 2019.

An analysis of the experience of professional training bachelors of electromechanics in Ukraine and abroad made it possible to determine that one of the leading trends in its modernization is the synergistic integration of various engineering branches (mechanical, electrical, electronic engineering and automation) in mechatronics for the purpose of design, manufacture, operation and maintenance electromechanical equipment. Teaching mechatronics provides for the meaningful integration of various disciplines of professional and practical training bachelors of electromechanics based on the concept of modeling and technological integration of various organizational forms and teaching methods based on the concept of mobility. Within this approach, the leading learning tools of bachelors of electromechanics are mobile Internet devices (MID) – a multimedia mobile devices that provide wireless access to information and communication Internet services for collecting, organizing, storing, processing, transmitting, presenting all kinds of messages and data. The thesis reveals the main possibilities of using MID in learning to ensure equal access to education, personalized learning, instant feedback and evaluating learning outcomes, mobile learning, productive use of time spent in classrooms, creating mobile learning communities, support situated learning, development of continuous seamless learning, ensuring the gap between formal and informal learning, minimize educational disruption in conflict and disaster areas, assist learners with disabilities, improve the quality of the communication and the management of institution, and maximize the cost-efficiency.

Bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects is a personal and vocational ability, which includes a system of knowledge, skills, experience in learning and research activities on modeling mechatronic systems and a positive value attitude towards it; bachelor of electromechanics should be ready and able to use methods and software/hardware modeling tools for processes analyzes, systems synthesis, evaluating their reliability and effectiveness for solving practical problems in professional field.

The competency structure of the bachelor of electromechanics in the



modeling of technical objects is reflected in three groups of competencies: general scientific (in applied mathematics; in ICT, in fundamental sciences), general professional (using various methods of representing models; critical thinking; solving professional problems using ICT; competence in electric machines) and specialized professional (in modeling electric power facilities, systems and processes; for processes analyzes in the energetic equipment; in making decisions on managing the duty of electric power plants and systems; in applying the results of analysis and calculation of established and transient processes to prevent and eliminate accidents in electric power plants and systems; in modeling electromechanical systems).

The content of each competency is defined in the competence matrices, which consists a criteria for assessing their formation by 4 components (cognitive, praxeological, axiological and information-communicative) at 4 levels (levels of unformed, low, medium and high).

The model of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects is based on competency, systemic, multidisciplinary, model and activity approaches. The model consists of three blocks: target block, which concretizes the goal – the formation of bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects; content and technology block, which reflect the link between the learning content and the formation of individual competence components, and technique of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects (a system of forms of organizing the educational process using MID, methods of their use and mobile ICT tools); and a diagnostic and result block, which contain evaluation criteria, indicators, levels of formation and diagnostic tools for the bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects.

The implementation of the technique of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects is the appropriate methodic of using, the components of which are partial methods for using MID in the formation of the general scientific, professional and specialized professional components of

the bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects, are disclosed by example academic disciplines “Higher mathematics”, “Computers and programming”, “Engineering and computer graphics”, “Engineering mechanics”, “Electrical machines”, “Automatic control theory”, “Modeling of electromechanical systems”, “Theoretical foundations of electrical engineering”, “Electric drive theory”.

The leading forms of organizing the educational process using MID are demonstrations, laboratory works, lectures, business games, work in pairs and small groups, a projects and consultations; the leading methods of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects are lecture, partially search, problematic, research, error, project methods, method of demonstration examples, computational experiment and programming, and leading tools are mobile computer mathematical systems (universal tools used at all stages of modeling learning), mobile communication tools (to organize a joint activity in modeling), cloud based spreadsheets (as modeling tools, including neural networks), visual modeling systems (to structural modeling of technical objects), augmented reality mobile tools (to visualize the objects’ structure and modeling results), cloud based text editors (to make the program description of model), mobile computer-aided design systems (to create and view the physical properties of models of technical objects), specialized systems (to calculate the electric circuits), software for modeling supervisory control and data acquisition (to simulate the processes in electric power systems).

201 students of the specialty “Electromechanics” were involved into the formative stage of the pedagogical experiment: the control group includes 150 students who studied according to the traditional methodic, did not provide for the systematic use of MID, and the experimental group includes 51 students who studied using the developed methodic of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects.

By using the Kolmogorov-Smirnov test, was found that at the beginning of the formative stage of the pedagogical experiment, there are no statistically

significant differences in the distributions of students in the control and experimental groups of one year of admission according to the results of entrance examinations. After the completion of the formative stage of the pedagogical experiment, the integral level of competency formation of the bachelor of electromechanics in the modeling of technical objects was diagnosed and the differences in the distributions of students in the control and experimental groups were statistically significant at the level of 0.99.

Based on the fact that the developed methodic of using MID was applied in the experimental group, it can be concluded that this was a factor in increasing the level of formation of their competence in the modeling of technical objects, and, therefore, the research hypothesis was proved.

The scientific novelty and theoretical significance of the research is next: for the first time, the content of the bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects, the criteria for its formation (cognitive, praxeological, axiological, information-communicative), the model of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects are theoretically substantiated and the methodic of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects developed; the concept of a MID as a multimedia mobile devices that provide wireless access to information and communication Internet services for collecting, organizing, storing, processing, transmitting, presenting all kinds of messages and data is clarified; the system of mobile ICT for learning bachelors of electromechanics has been improved; the methodic of learning bachelors of electromechanics to computer modeling was further developed.

The practical significance of the results is in the fact that the following have been developed and implemented in the educational process of higher education institutions the training complex in modeling electromechanical systems based on the use of MID as part of an electronic training course, lecture demonstrations, laboratory works, individual assignments, materials for course and diploma design (<https://vtutor.ccjournals.eu/course/view.php?id=75>).

The study does not exhaust all aspects of the problem under consideration. Further scientific studies of its solution are advisable in the following areas: the use of augmented reality tools in the training of future mechatronics specialists; virtualization of the environment of professional and practical training of future specialists in mechatronics; SCADA systems as a learning tools for the bachelors in electric power, electrical engineering and electrical mechanics.

The results of the study can be used in learning modeling future bachelors of electromechanics; a model of using MID in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects can be used in learning bachelors in engineering at universities.

*Keywords:* modeling of technical objects, bachelors of electromechanics, mobile Internet devices, bachelor of electromechanics competency in modeling of technical objects, a model of using mobile Internet devices in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects, a technique of using mobile Internet devices in learning bachelors of electromechanics in modeling of technical objects.

### **Список публікацій здобувача за темою дисертації**

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Модло Є. О. Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні / Є. О. Модло // Вісник Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля. Серія: Педагогіка і психологія. – 2015. – № 1 (9). – С. 17-24, 294.

2. Модло Є. О. Зміст компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів / Модло Є. О. // Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси : Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2016. – № 17. – С. 64-70.

3. Модло Є. О. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ / Є. О. Модло,

Ю. В. Єчкало, С. О. Семеріков, В. В. Ткачук // Наукові записки. – Випуск 11. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. – С. 93-100.

4. Modlo Ye. O. Interdisciplinary and modeling competencies as the components of fundamental and professional training of the electromechanics bachelors / Ye. O. Modlo // Актуальні питання природничо-математичної освіти. – 2018. – Вип. 1 (11). – С. 164-175. – DOI : 10.5281/zenodo.2109065

5. Модло Є. О. Мобільні засоби формування ІКТ-складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів / Є. О. Модло // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 4(18). – С. 115-120. – DOI : 10.31110/2413-1571-2018-018-4-019

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Модло Є. О. Використання десктопних програм у хмарному середовищі / Є. О. Модло // Хмарні технології в освіті : матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 39.

7. Модло Є. О. Комп'ютерне моделювання в підготовці бакалаврів електромеханіки / Є. О. Модло // Комп'ютерне моделювання в освіті : матеріали VI Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 12 квітня 2013 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2013. – С. 25-26.

8. Модло Є. О. Мехатроніка як новий напрям підготовки фахівців з електромеханіки / Є. О. Модло // Сталий розвиток промисловості та суспільства : матеріали міжнародної науково-технічної конференції / Міністерство освіти і науки України ; ДВНЗ «Криворізький національний університет». – Кривий Ріг, 2015. – Том 2. – С. 32-33.

9. Модло Є. О. До визначення поняття мобільного Інтернет-пристрою [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених

«Наукова молодь-2015». 10 грудня 2015 року / за заг. ред. проф. Бикова В. Ю. та Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України. – К. : ІТЗН НАПН України, 2015. – С. 37-38. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф\\_Наукова%20молодь%202015\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф_Наукова%20молодь%202015_1.pdf).

10. Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення рівного доступу до освіти та персоналізації навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2016». 15 грудня 2016 року / за заг. ред. проф. Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України, Рада молодих вчених. – К. : ІТЗН НАПН України, 2016. – С. 122-125. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник\\_конф\\_Наукова\\_молодь\\_2016\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник_конф_Наукова_молодь_2016_1.pdf).

11. Ткачук В. В. Технологія доповненої реальності у мобільному навчальному середовищі ВНЗ / Ткачук В. В., Семеріков С. О., Єчкало Ю. В., Модло Є. О. // Засоби і технології сучасного навчального середовища : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 19-20 травня 2017 року / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Гомельський державний університет імені Ф. Скоріни, Грузинський технічний університет, Софійський технічний університет «Св. Климент Охридски», Кіровоградський ОІППО імені Василя Сухомлинського ; відповідальний редактор : С. П. Величко. – Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2017. – С. 39-41.

12. Модло Є. О. Засоби доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі професійно-практичної підготовки / Є. О. Модло, А. М. Стрюк, С. О. Семеріков // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Професійна педагогіка і андрогогіка: актуальні питання,

досягнення та інновації». 20-21 листопада 2017 року / за ред. О. О. Лаврентьєвої, Т. М. Мішеніної. ; Кривий Ріг, 2017. – С. 31-34.

13. Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення зворотного зв'язку та оцінювання результатів навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017». 14 грудня 2017 року / за ред. Спіріна О. М. та Яцишин А. В. – К. : ІТЗН НАПН України, 2017. – С. 171-174. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник\\_конф\\_Наукова\\_молодь\\_2017.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник_конф_Наукова_молодь_2017.pdf).

14. Модло Є. О. Засоби мобільного доступу до Scilab [Електронний ресурс] / Є. О. Модло, С. О. Семеріков, О. В. Сироватський // Міжнародна науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2018)». 17-18 травня 2018 року [Електронне мережне наукове видання]: збірник матеріалів. – Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2018. – С. 348-358. – Режим доступу : [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018_netpub.pdf).

15. Modlo Ye. O. Xcos on Web as a promising learning tool for Bachelor's of Electromechanics modeling of technical objects [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov // Cloud Technologies in Education : Proceedings of the 5th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2017). Kryvyi Rih, Ukraine, April 28, 2017 / Edited by : Serhiy O. Semerikov, Mariya P. Shyshkina. – P. 34-41. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2168). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2168/paper6.pdf>.

16. Modlo Ye. O. Modernization of Professional Training of Electromechanics Bachelors: ICT-based Competence Approach [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov, Ekaterina O. Shmeltzer // Augmented Reality in Education : Proceedings of the 1st International Workshop (AREdu 2018). Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Vladimir N. Soloviev. – P. 148-172. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2257). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2257/paper15.pdf>.

17. Модло Є. О. Модель використання мобільних Інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів / Є. О. Модло // Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ\*плюс – 2018» : матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції (8–9 листопада 2018 року, м. Суми) : у 2-х томах / упорядн. Чашечникова О. С. ; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Інститут педагогіки НАПН України, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Державний Університет Кенесо (м. Кенесо, США), Мозирський державний педагогічний університет імені І. П. Шамякина (Беларусь), Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г Шевченка, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Факультет математики та інформатики Пловдивського університету ім. Паїсія Хілендарського (Болгарія), Науково-дослідна лабораторія змісту і методів навчання математики, фізики, інформатики (СумДПУ ім. А. С. Макаренка). – Том 2. – Суми : ФОП Цьома С. П., 2018. – С. 47-48.

18. Syrovatskyi O. V. Augmented reality software design for educational purposes / Oleksandr V. Syrovatskyi, Serhiy O. Semerikov, Yevhenii O. Modlo, Yuliia V. Yechkalo, Snizhana O. Zelinska // Computer Science & Software Engineering : Proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Serhiy O. Semerikov, Vladimir N. Soloviev, Andrii M. Striuk. – P. 193-225. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2292). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2292/paper20.pdf>.

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації*

19. Модло Є. О. Розробка фільтру SageMath для Moodle / Євгеній Олександрович Модло, Сергій Олексійович Семеріков // Новітні комп'ютерні технології. – Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький



національний університет», 2014. – Том XII : спецвипуск «Хмарні технології в освіті». – С. 233-243.

20. Модло Є. О. Проектування системи компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні / Модло Є. О. // Інформаційні технології в освіті та науці : збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького. – Випуск 7. – Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – С. 111-116.

21. Модло Є. О. Електронні таблиці як засіб навчання нейромережевого моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки / Євгеній Олександрович Модло, Ілля Олександрович Теплицький, Сергій Олексійович Семеріков // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2015. – Том XIII. – Випуск 3 (37). – С. 182-196.

22. Модло Є. О. Комп'ютерна програма «Фільтр SageCell для Moodle» («SageCell») : свідоцтво № 86664 від 11.03.2019 про реєстрацію авторського права на твір / Модло Євгеній Олександрович, Семеріков Сергій Олексійович // Авторське право і суміжні права. – 2019. – Офіційний бюлетень № 52. – С. 1064.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ.....</b>	<b>2</b>
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....</b>	<b>20</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>21</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ПРИСТРОЇВ У НАВЧАННІ БАКАЛАВРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ .....</b>	<b>30</b>
1.1 Професійна підготовка бакалаврів електромеханіки .....	30
1.2 Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об’єктів.....	60
1.3 Мобільні інтернет-пристрої як засіб навчання .....	86
1.3.1 Поняття про мобільний інтернет-пристрій .....	86
1.3.2 Можливості використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні.....	95
Висновки до розділу 1 .....	129
<b>РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ПРИСТРОЇВ У НАВЧАННІ БАКАЛАВРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ .....</b>	<b>132</b>
2.1 Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об’єктів.....	132
2.2 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об’єктів .....	138
2.3 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об’єктів .....	182

2.4 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів .....	220
Висновки до розділу 2 .....	252
<b>РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>256</b>
3.1 Завдання і зміст експериментальної роботи.....	256
3.2 Аналіз результатів констатувального етапу педагогічного експерименту.....	261
3.3 Статистичне опрацювання та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту .....	265
Висновки до розділу 3 .....	270
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>272</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>277</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>311</b>
Додаток А Статистичні відомості про підготовку бакалаврів електромеханіки .....	312
Додаток Б Бланк експертного опитування .....	314
Додаток В Список закладів вищої освіти та установ, у яких упроваджено результати дослідження.....	316
Додаток Г Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.....	323
Додаток Д Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір .....	330

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ІКТ	інформаційно-комунікаційні технології
МІД	Mobile Internet Device (мобільний інтернет-пристрій)
НАПН	Національна академія педагогічних наук
АВЕТ	Accreditation Board for Engineering and Technology
ЗВО	заклад вищої освіти

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» основним напрямом використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) визначає створення системи освіти, зорієнтованої на використання новітніх ІКТ у формуванні всебічно розвиненої особистості, що надає можливість кожній людині самостійно здобувати знання, уміння та навички під час навчання, виховання та професійної підготовки [185].

Метою Національної стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року є оновлення змісту, форм, методів і засобів навчання шляхом широкого впровадження в освітній процес сучасних ІКТ та електронного контенту. Безумовним, пріоритетом розвитку освіти є впровадження сучасних ІКТ, що забезпечують удосконалення освітнього процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку молодого покоління до життєдіяльності в інформаційному суспільстві [184]. Серед ключових напрямів державної освітньої політики, визначених стратегією, два напрями є взаємопов'язаними. Це – інформатизація освіти і створення сучасної матеріально-технічної бази системи освіти, які вимагають оновлення застарілого парку комп'ютерної техніки, зокрема через збільшення частки мобільних інтернет-пристроїв (MID – Mobile Internet Device), що є провідними сучасними засобами ІКТ навчання.

Одним зі складників системи професійної підготовки сучасного інженера є комп'ютерне моделювання технічних об'єктів і процесів, що широко використовуються в усіх видах інженерної діяльності. Особливої ролі моделювання набуває в навчанні фахівців галузі знань 14 „Електрична інженерія”, забезпечуючи від 60% у циклі математичної, природничо-наукової підготовки до 72% у циклі професійної та практичної підготовки бакалаврів електротехніки та електромеханіки [172]. Це пов'язано з тим, що, з одного боку, комп'ютерне моделювання електромеханічних об'єктів та

перебігу процесів в електромеханічних системах є одним із видів професійної діяльності інженера-електромеханіка, а з іншого – з тим, що математичне моделювання є основою фундаментальної (фізико-математичної) підготовки інженера-електромеханіка. Тому здатності бакалавра електромеханіки застосовувати методи моделювання, теоретичного та експериментального дослідження з використанням ІКТ є основою загальнопрофесійних компетентностей бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

Різні аспекти професійної підготовки студентів електротехнічних спеціальностей розглядали Л. М. Вишнякова [104], О. В. Гамов [110], М. Г. Гордієнко [114], Г. Ю. Дмух [119], О. О. Драгунова [121], С. М. Кашкін [130], Т. Б. Котмакова [136], Т. В. Крилова [138], О. М. Лавреніна [141], Р. Є. Мажиріна [144], Н. П. Моторіна [170], Н. Г. Панкова [173], М. О. Польський [177], С. М. Потьомкіна [180], С. О. Пчела [188], Г. С. Сагдєєва [191], Р. М. Собко [199], О. І. Солошич [202], Н. П. Фікс [211], О. В. Шищенко [216]. Окремі елементи методики навчання моделювання електромеханічних систем висвітлено у роботах О. Ф. Бабічевої [96], О. Д. Тельманової [206], О. І. Толочка [149], К. О. Сороки [203], О. П. Чорного [151]. Незважаючи на те, що засоби ІКТ активно застосовують інженери-електромеханіки, методику їх використання в процесі навчання професійно зорієнтованих дисциплін бакалаврів електромеханіки розглянуто в небагатьох вітчизняних студіях (В. М. Кобися [133], Р. М. Собко [199]).

Аналіз теорії і практики з досліджуваної проблеми дозволили виявити *протиріччя* між: високим рівнем мобільності інженера-електромеханіка в процесі професійної діяльності та забезпечення її ІКТ-підтримки за допомогою мобільних засобів, з одного боку, і відсутністю спрямованості на їх використання в процесі підготовки бакалаврів електромеханіки у ЗВО – з іншого; потребою формування в бакалаврів електромеханіки інтегральної компетентності з розв'язання спеціалізованих задач та вирішення практичних

проблем, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов – моделювання технічних об'єктів, і недостатнім рівнем розробленості її складників; суттєвим впливом мобільних інтернет-пристроїв на всі складники процесу навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів і відсутністю науково обґрунтованої методики їх використання.

Актуальність досліджуваної проблеми, її недостатня розробленість у педагогічній теорії та практиці, а також необхідність розв'язання виокремлених протиріч зумовили вибір теми дисертаційної роботи: **«Застосування мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів».**

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертацію виконано згідно з планом науково-дослідної роботи спільної науково-дослідної лабораторії з питань використання хмарних технологій в освіті Криворізького національного університету та Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України в межах комплексної теми «Теоретико-методичні основи використання мобільних інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні» (ДР № 0116U001867). Тему затверджено на засіданні Вченої ради Криворізького металургійного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет» (протокол № 1 від 30 серпня 2012 року) та узгоджено в Міжвідомчій раді з координації наукових досліджень з педагогічних і психологічних наук в Україні при НАПН України (протокол № 9 від 27 листопада 2012 року).

**Об'єкт дослідження** – процес навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

**Предмет дослідження** – методика використання мобільних інтернет-пристроїв у процесі навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити методику використання мобільних інтернет-

пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

**Гіпотеза дослідження** полягає в припущенні, що методично обґрунтоване використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів сприятиме підвищенню рівня сформованості їхньої компетентності в моделюванні технічних об'єктів.

Відповідно до мети й гіпотези визначено такі основні **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати джерела з проблем навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів та використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні.

2. Теоретично обґрунтувати зміст, структуру, критерії та рівні сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

3. Розробити модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

4. Розробити методику використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

5. Експериментально перевірити ефективність розробленої методики в процесі формування компетентності бакалаврів електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

Для розв'язання поставлених завдань застосовано такі **методи дослідження**: *теоретичні* – аналіз, узагальнення, систематизація законодавчої бази, освітніх стандартів, інтернет-ресурсів, сучасних мобільних засобів ІКТ навчання для визначення теоретичних засад дослідження, обґрунтування моделі та методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; *емпіричні* – цілеспрямовані педагогічні спостереження,



бесіди з викладачами та студентами, анкетування, аналіз досвіду роботи викладачів, експертне оцінювання з метою визначення структури та змісту компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, добору мобільних інтернет-пристроїв для навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; констатувальний та формувальний етапи педагогічного експерименту – з метою апробації запропонованої методики та експериментального впровадження в практику закладів вищої освіти основних положень дослідження; *статистичні* – для кількісного та якісного аналізу результатів навчання за розробленою методикою.

**Теоретико-методологічні засади дослідження** становлять філософські положення про єдність теорії та практики, взаємозумовленість та взаємозв'язок об'єктивних і суб'єктивних чинників формування особистості; концептуальні ідеї філософії освіти (В. П. Андрющенко [93], Б. С. Гершунський [111], В. Г. Кремень [137], В. С. Курило [135]); теоретичні засади організації освітнього процесу в закладах вищої освіти (Г. О. Атанов [95], В. І. Загвязинський [125], Т. М. Десятов [94], І. М. Дичківська [117], А. В. Коржуєв [179], Д. В. Чернілевський [212]), зокрема технічних ЗВО (Т. О. Дмитренко [118], М. М. Зіновкіна [127], Е. В. Лузік [143], О. Ф. Меняєв [147]); теоретичні засади моделювання систем навчання та освіти (В. Ю. Биков [101], В. В. Докучаєва [120], В. О. Штофф [150], В. А. Ясвін [219]); наукові положення компетентнісного підходу в навчанні (В. І. Байденко [97], Н. М. Бібік [102], К. В. Власенко [92; 93], М. С. Головань [113], Е. Зеєр [126], А. К. Маркова [145], О. В. Овчарук [134], О. І. Пометун [178], О. М. Спірін [204]), зокрема формування компетентності в моделюванні (О. І. Теплицький [207], Н. А. Хараджян [201]); теоретико-методичні засади професійної підготовки фахівців з електромеханічної інженерії (Ю. Ван (Yu Wang) [86], Л. М. Вишнякова [104], О. В. Гамов [110], М. Г. Гордієнко [114], У. Ш. Діксіт (Uday Shanker Dixit) [21], Г. Ю. Дмух [119], В. М. Кобися [133], Т. Б. Котмакова [136], М. В. Роні

(Maurice W. Roney) [65], Г. С. Сагдєєва [191], Р. М. Собко [199], О. В. Шищенко [216]); наукові положення теорії та методики використання ІКТ в освіті (В. Ю. Биков [208], К. В. Власенко [105], М. І. Жалдак [124], М. Ю. Кадемія [129], В. М. Кухаренко [140], О. С. Меньяйленко [148], Н. В. Морзе [169], Л. Ф. Панченко [174], Є. С. Полат [176], Ю. С. Рамський [189], І. В. Роберт [190], С. О. Семеріков [217], О. М. Спирін [215]); теорія і практика впровадження інноваційних технологій у закладах вищої освіти (В. П. Беспалько [99], Н. П. Волкова [106], Г. К. Селевко [192], Ж.-М. Сьотат (Jean-Marc Cieutat) [16], С. В. Савченко [135], С. О. Сисоєва [195], С. Я. Харченко [196], Д. В. Чернілевський [213]), зокрема використання мобільних ІКТ в освіті (Х. З. Балох (Hasnain Zafar Baloch) [7], В. Ю. Биков [100], С. Бінсалех (Sariya Binsaleh) [9], І. І. де Ваард (Inge Ignatia de Waard) [19], М. А. Кислова [131], В. О. Куклев [139], А. Г. Моліна (Arturo G. Molina) [58], Н. В. Рашевська [61], С. О. Семеріков [205], К. І. Словак [197], А. М. Стрюк [62], Дж. Тракслер (John Traxler) [79], Ю. В. Триус [198]).

**Наукова новизна та теоретичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що: *вперше* теоретично обґрунтовані та розроблені: зміст компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та критерії її сформованості (когнітивний, праксеологічний, аксіологічний, інформаційно-комунікативний); модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; методика використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; *уточнено* поняття мобільного інтернет-пристрою як мультимедійного мобільного пристрою, що надає бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних; *удосконалено* систему засобів мобільних інформаційно-комунікаційних технологій навчання бакалаврів електромеханіки; *дістала подальшого*

*розвитку* методика навчання бакалаврів електромеханіки комп'ютерного моделювання.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що розроблено та впроваджено в освітній процес закладів вищої освіти навчально-методичний комплекс з моделювання електромеханічних систем на основі використання мобільних інтернет-пристроїв у складі електронного навчального курсу (<https://vtutor.ccjournals.eu/course/view.php?id=75>), лекційних демонстрацій, лабораторних робіт, індивідуальних завдань, матеріалів для курсового й дипломного проектування та комп'ютерної програми «Фільтр SageCell для Moodle» ([https://moodle.org/plugins/filter\\_sagecell](https://moodle.org/plugins/filter_sagecell)), що надає можливість виконувати код Sage на сервері SageMathCell та відображати результати виконання на сторінках системи підтримки навчання Moodle.

Результати дослідження **впроваджено** в освітній процес Криворізького металургійного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет» (довідка № 04-16 від 01.02.2013 р.), Криворізького інституту Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління (довідка № 5 від 01.02.2013 р.), Запорізького інституту економіки та інформаційних технологій (довідка № 189 від 09.07.2014 р.), Державного інституту підготовки та перепідготовки кадрів промисловості (довідка № 39-13к від 01.02.2013 р.), Класичного приватного університету (м. Запоріжжя) (довідка № 697 від 13.12.2018 р.) та в науково-виробничу діяльність ТОВ «КВМШ плюс» (довідка № 7 від 23.01.2018 р.).

**Особистий внесок здобувача в працях, опублікованих у співавторстві**, полягає в такому: розглянуто можливості використання мобільних інтернет-пристроїв для відображення об'єктів доповненої реальності на лабораторних заняттях у процесі навчання студентів інженерних спеціальностей [78; 155; 158; 209]; визначено особливості процесу розробки, установлення, налаштування та використання фільтру SageMath для системи підтримки навчання Moodle [161; 168]; обґрунтовано

вибір засобів мобільного доступу до системи комп'ютерного моделювання технічних об'єктів [159]; виконано порівняльний аналіз середовищ моделювання технічних об'єктів, обґрунтовано вибір Xcos on Web як перспективного засобу навчання моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки [57]; проаналізовано стандарти підготовки бакалаврів електромеханіки в Україні та за кордоном [56]; розроблено методіку використання мобільних електронних таблиць як засобу навчання нейромережевого моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки [157].

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення, висновки та результати дослідження доповідалися й обговорювалися на наукових конференціях різного рівня: *Міжнародних: 2nd, 3rd, 5th Workshop on Cloud Technologies in Education* (Кривий Ріг, 2013, 2014, 2017); «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (Кривий Ріг, 2015); «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (Кропивницький, 2017); «Професійна педагогіка і андрагогіка: актуальні питання, досягнення та інновації» (Кривий Ріг, 2017); Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності» (Вінниця, 2018); 1st Workshop on Augmented Reality in Education (Кривий Ріг, 2018); «Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу» (Суми, 2018); 1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (Кривий Ріг, 2018); *Всеукраїнських: Інтернет-семінарі «Хмарні технології в освіті»* (Кривий Ріг, 2012); «Комп'ютерне моделювання в освіті» (Кривий Ріг, 2013); «Інформаційні технології в освіті та науці» (Мелітополь, 2015); III, IV та V науково-практичних конференціях молодих учених «Наукова молодь» (Київ, 2015 – 2017); науково-практичних вебінарах за тематикою експерименту всеукраїнського рівня «Організаційно-педагогічні умови створення електронних навчальних ресурсів для професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників машинобудівної галузі в інформаційно-освітньому

середовищі ПТНЗ» та «Модернізація професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників із використанням електронних навчальних ресурсів в інформаційно-освітньому середовищі ПТНЗ» (Київ – Кривий Ріг, 2016 – 2017); на засіданнях і семінарах кафедри електричної інженерії та автоматизації Криворізького металургійного інституту Національної металургійної академії України (Кривий Ріг, 2003 – 2018), кафедри автоматизації, енергозбереження та управління якістю Державного інституту підготовки та перепідготовки кадрів промисловості (Дніпро, 2011 – 2013), семінарах спільної науково-дослідної лабораторії з питань використання хмарних технологій в освіті ДВНЗ «Криворізький національний університет» та Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України (Кривий Ріг, 2016 – 2018).

**Публікації.** Основні результати дослідження відображено у 22 працях, із яких 12 – одноосібні; 5 статей опубліковано в наукових фахових виданнях України; 3 статті – у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз (Scopus); 1 авторське свідоцтво.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (219 найменувань, серед яких 84 – іноземними мовами), 5 додатків на 20 сторінках. Робота містить 24 таблиці та 98 рисунків. Загальний обсяг дисертації – 330 сторінок.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ПРИСТРОЇВ У НАВЧАННІ БАКАЛАВРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

### МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

#### 1.1 Професійна підготовка бакалаврів електромеханіки

Професійна підготовка бакалаврів електромеханіки у ЗВО України здійснюється у 38 ЗВО України (таблиця А.1) у межах галузі знань 0507 – електротехніка та електромеханіка (з 01.09.2015 – у межах галузі знань 14 – електрична інженерія). Ліцензований обсяг прийому на бакалаврат електромеханіки – 6065 студентів, державне замовлення – 1108, кількість абітурієнтів, зарахованих на перший курс – 1217. Напрямок підготовки «Електромеханіка» є один із небагатьох, за яким у 2012 р. зафіксовано перевищення кількості зарахованих на перший курс абітурієнтів над обсягом державного замовлення (більш ніж на 10% понад обсяг держзамовлення). Споріднений напрям «Електротехніка та електротехнології» також є державно та суспільно значущим (рис. 1.1). Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 266 від 29 квітня 2015 року, ці напрями об'єднано у спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

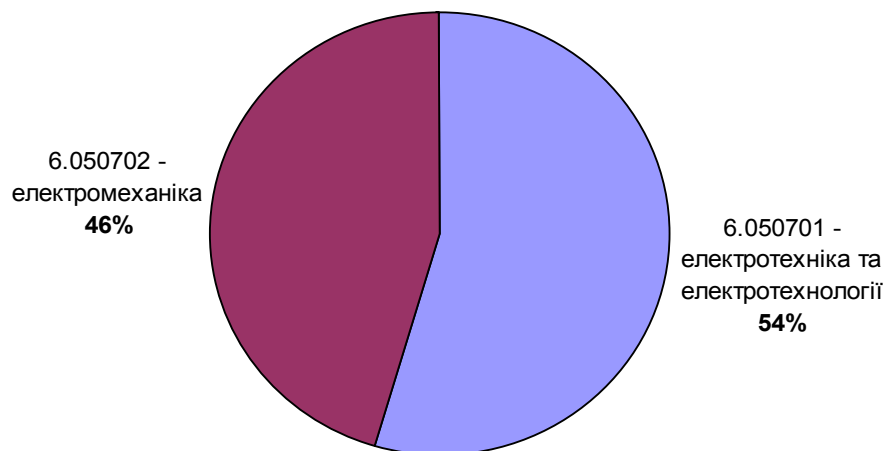


Рис. 1.1. Співвідношення державного замовлення за напрямами підготовки галузі знань 0507 – електротехніка та електромеханіка (за [182])

Складові галузевого стандарту вищої освіти України (освітньо-професійна програма [108] та освітньо-кваліфікаційна характеристика [109] та засоби діагностики якості вищої освіти) затверджені Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.11.2014 р., № 1308. Відповідно до освітньо-кваліфікаційної характеристики бакалавра електромеханіки, випускники бакалаврату мають кваліфікацію 2149.2 – молодший інженер-електромеханік з узагальненим об'єктом діяльності – «електричні машини та апарати, електроприводи, електричний транспорт, електромеханічні системи, комплекси, пристрої та устаткування» [108, с. 6]. Згідно [20], інженери-електромеханіки мають бути підготовлені до розробки, обслуговування та налагодження автоматизованих, сервомеханічних та інших електромеханічних систем, зокрема – випробування дослідних зразків обладнання, виробничих та експлуатаційних випробувань, системного аналізу, процедур технічного обслуговування, підготовки звітів.

Вітчизняний бакалавр електромеханіки має бути підготовлений до таких видів робіт у галузі переробної промисловості:

1) виробництво електричного устаткування: електродвигунів, генераторів, трансформаторів, електророзподільчої та контрольної апаратури, електричних побутових приладів та іншого електричного устаткування;

2) виробництво машин і устаткування загального призначення: двигунів і турбін, гідравлічного та пневматичного устаткування, підшипників, зубчастих передач, елементів механічних передач і приводів, підіймального та вантажно-розвантажувального устаткування, ручних електромеханічних і пневматичних інструментів, промислового холодильного та вентиляційного устаткування;

3) виробництво металообробних машин і верстатів, машин і устаткування для металургії, добувної промисловості та будівництва, виготовлення харчових продуктів і напоїв, перероблення тютюну, виготовлення текстильних, швейних, хутряних і шкіряних виробів, паперу та

картону, пластмас і гуми;

4) виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів: вузлів, деталей і приладдя для автотранспортних засобів, електричного й електронного устаткування тощо;

5) виробництво інших транспортних засобів: будування суден і плаваючих конструкцій, прогулянкових і спортивних човнів, залізничних локомотивів і рухомого складу, військових транспортних засобів, інших транспортних засобів і обладнання;

6) ремонт і монтаж машин і устаткування: ремонт і технічне обслуговування готових металевих виробів, машин і устаткування промислового призначення, електричного устаткування, суден і човнів, інших транспортних засобів, інших машин і устаткування, установлення та монтаж машин і устаткування.

Відповідно до 6 рівня Національної рамки кваліфікацій молодший інженер-електромеханік здатен розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів відповідної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Опис кваліфікаційного рівня бакалавра електромеханіки включає:

1) знання:

– концептуальні знання, набуті у процесі навчання та професійної діяльності, включаючи певні знання сучасних досягнень;

– критичне осмислення основних теорій, принципів, методів і понять у навчанні та професійній діяльності;

2) уміння:

– розв'язання непередбачуваних задач і проблем у спеціалізованих сферах професійної діяльності або навчання, що передбачає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір методів та інструментальних засобів, застосування інноваційних підходів;

3) комунікаційні навички:



- донесення до фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень та власного досвіду в галузі професійної діяльності;
- здатність ефективно формувати комунікаційну стратегію;
- 4) здатності до автономності та відповідальності:
  - управління комплексними діями або проектами, відповідальність та прийняття рішень у непередбачуваних умовах;
  - відповідальність за професійний розвиток окремих осіб та/або груп осіб;
  - здатність до подальшого навчання з високим рівнем автономності.

Для цього бакалавр електромеханіки повинен оволодіти наступними виробничими функціями [109, с. 14-15]:

- *дослідницька* – спрямована на збір, обробку, аналіз і систематизацію науково-технічної інформації з напрямку роботи та її використання для творчого розв’язання дослідницьких задач на основі наукових і евристичних методів);
- *проектувальна (проектувально-конструкторська)* – функція спрямована на здійснення цілеспрямованої послідовності дій щодо синтезу систем або окремих їх складових, розробка документації, яка необхідна для втілення та використання об’єктів та процесів;
- *організаційна* – спрямована на упорядкування структури й взаємодії складових елементів системи з метою зниження невизначеності, а також підвищення ефективності використання ресурсів і часу;
- *управлінська* – спрямована на досягнення поставленої мети, забезпечення сталого функціонування і розвитку систем завдяки інформаційному обмінові;
- *технологічна* – спрямована на втілення поставленої мети за відомими алгоритмами;
- *контрольна* – спрямована на здійснення контролю в межах своєї професійної діяльності в обсязі посадових обов’язків;
- *прогностична* – функція, яка надає можливість на основі аналізу і

синтезу здійснювати передбачення та прогнозування в професійній діяльності;

– *технічна* – спрямована на виконання технічних робіт в професійній діяльності.

Молодший інженер-електромеханік може виконувати професійні роботи, які виконують також:

– професіонали в галузі електротехніки: старший електромеханік-капітан, старший електромеханік-командир, інженер-енергетик;

– професіонали в інших галузях інженерної справи: інженер-електромеханік, молодший інженер-електромеханік, інженер-електромеханік гірничий, інженер, інженер із впровадження нової техніки й технологій, інженер з керування й обслуговування систем, інженер-конструктор, інженер з ремонту, інженер з метрології, інженер з організації експлуатації та ремонту, інженер з підготовки виробництва;

– технічні фахівці-електрики: електромеханік, електромеханік судновий, електромеханік загальносуднового електроустаткування, електромеханік підводного апарата, електромеханік групових перевантажувальних машин, електромеханік з підймальних установок, електромеханік підземної дільниці, електромеханік-наставник, електромеханік електрозв'язку, диспетчер електромеханічної служби, електрик дільниці, електрик цеху, електродиспетчер;

– технічні фахівці в галузі видобувної промисловості та металургії, технік-електромеханік гірничий;

– судові фахівці: електромеханік груповий флоту, електромеханік лінійний флоту, механік (електромеханік) (судновий) - шкіпер, уповноважений щодо приймання суден від суднобудівних заводів.

До основних компетенцій, що визначаються освітньо-кваліфікаційною характеристикою бакалавра електромеханіки, належать такі: соціально-особистісні, загальнонаукові, інструментальні, загальнопрофесійні та спеціалізовано-професійні.

Національний центр освітньої статистики Міністерства освіти США галузь знань 0507 – електротехніка та електромеханіка розділяє на окремі галузі знань: 15.03 – електроінженерні технології (Electrical Engineering Technologies) та 15.04 – електромеханічне обладнання та його обслуговування (Electromechanical Instrumentation and Maintenance Technologies) [20]. До галузі знань 15.04 входять наступні напрями підготовки: біомедичні технології, електромеханічні технології та електромеханічна інженерія, вимірювальні прилади, робототехнології, технології автоматизації, електромеханічні технології вимірювальний приладів та їх обслуговування.

Таким чином, у підготовці інженерів-електромеханіків задіяні чотири галузі інженерії: механічна та електрична інженерія (спільним ядром яких і є електромеханіка), електронна інженерія та автоматизація. Спільне використання теорії, методів та засобів цих галузей приводить до виникнення комбінованої галузі інженерії – мехатроніки (рис. 1.2).

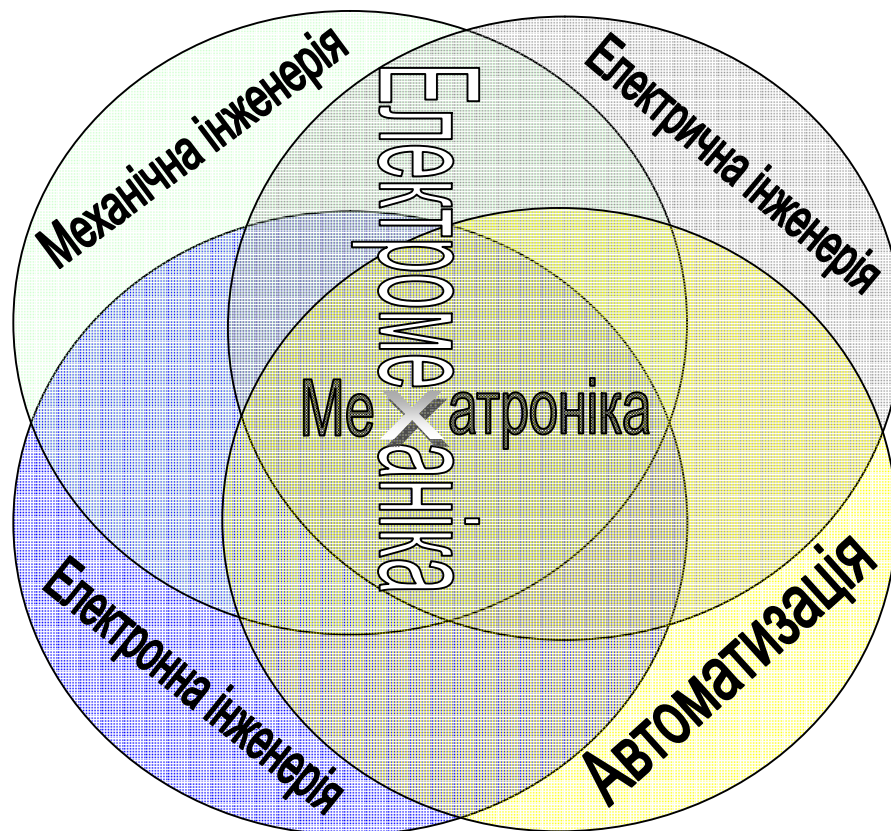


Рис. 1.2. Мехатроніка як комбінована галузь інженерії

У. Ш. Діксіт визначає мехатроніку як «синергетичну інтеграцію машинобудування з електротехнікою та/або електронікою, і, можливо, з іншими дисциплінами, для цілей проектування, виготовлення, експлуатації та технічного обслуговування продукту» [21, с. 75].

Незважаючи на відсутність цілісного дослідження процесу професійної підготовки інженерів-електромеханіків у вітчизняних та зарубіжних роботах, окремі складові цього процесу розглядалися у ряді дисертацій, присвячених підготовці фахівців з електротехніки.

Г. С. Сагдєєва виділяє загальноінтелектуальні якості особистості інженера з експлуатації електротехнічних пристроїв: здатність концентрувати увагу, вміння виділяти суттєві ознаки, вміння приймати обдумане рішення в складній технічній ситуації, вміння керувати собою і організацією роботи персоналу, вміння працювати зі схемами та кресленнями, утримання в пам'яті пристроїв, моделей і приладів, здатність до самовдосконалення [191, с. 9].

Ці якості особистості інженера є результатом формування інтелектуальної компетентності, набуття якої забезпечує основу для: освоєння студентами всіх компонентів змісту освіти; вирішення різноманітних життєвих і професійних проблем; подолання стереотипів і шаблонів мислення; розвитку здібностей до гнучкого варіативного сприйняття і оцінки подій, що відбуваються; рефлексії та закріплення досвіду ефективної діяльності та успішності в конкурентному середовищі. Інтелектуальну компетентність Г. С. Сагдєєва визначає як «метаздатність, яка, визначаючи міру освоєння суб'єктом деякої предметної області, характеризується особливим типом організації предметно-специфічних знань і ефективними стратегіями прийняття рішень у даній предметній області», виділяючи у її структурі наступні компоненти: мотиваційний, когнітивний і метакогнітивний. Складовими мотиваційного компонента є: готовність студентів до самоосвіти та розвитку; наявність мотивів, які спонукають до пізнавальної діяльності; спрямованість особистості. Когнітивний компонент

включає вміння працювати з інформацією: вміння пошуку, структурування, перетворення, переведення інформації з одного способу кодування в іншій; вміння робити узагальнення, висновки, виділяти головне; здібності до складання когнітивних схем розумової діяльності, алгоритмів рішення задач. Метакогнітивний компонент представлений вміннями та навичками інтелектуального самоуправління та самоорганізації: це вміння ставити цілі, здійснювати планування, оцінку, контроль пізнавальної діяльності, здатності до самооцінки і рефлексивного аналізу.

Умовами розвитку інтелектуальної компетентності майбутніх інженерів-електриків є: 1) моделювання інтелектуально-розвивавальних ситуацій відповідно до психологічних закономірностей і механізмів розвитку інтелектуальної компетентності з урахуванням особливостей майбутньої професії; 2) включення студентів у різні види дослідницької діяльності, спрямованих на розвиток і збагачення інваріантних інтелектуальних структур особистості; вдосконалення методів дослідницької діяльності студентів на основі розкриття і формування індивідуальних стилів інтелектуальної діяльності; 3) розробка психолого-педагогічного супроводу процесу навчання майбутніх інженерів-електриків, що реалізує стимулюючу, діагностичну та корекційну функції [191, с. 12-16].

Розвиток інтелектуальної компетентності сприяє формуванню професійного електротехнічного мислення, спрямованого, за Л. М. Вишняковою, на пізнання, розуміння та перетворення електротехнічних об'єктів, явищ, процесів та відносин: «сутність професійного електротехнічного мислення проявляється в його закономірності, а саме, у природовідповідності (що базується на досвіді взаємодії людини з біосферою, техносферою, суспільством), культуровідповідності (пов'язаної з оволодінням загальнопрофесійними і спеціальними знаннями та вміннями, що пред'являються до професії соціальним замовленням суспільства) та оптимальному поєднанні (відносно стійкою асиметричною гармонією чи доповнюваністю) природної інтуїції з

передбачливістю та інтелектуальної дисципліною при виконанні навчальних пізнавальних і професійних дій» [104].

У своєму розвитку професійне електротехнічне мислення студента проходить такі рівні: елементарно-емпіричний (нульовий), учнівський, методичний, пошуковий. Перехід професійного електротехнічного мислення від одного рівня до іншого пов'язується з переходами в інтелектуальному розвитку: електротехнічна грамотність – електротехнічна освіченість – професійна компетентність – електротехнічна та технологічна культура.

О. В. Шищенко [216] та О. В. Гамов [110] розглядали формування та розвиток професійних компетенцій студентів на основі міжпредметної інтеграції. На думку О. В. Шищенко, «міжпредметній інтеграції знань сприяють ... компетентнісне навчання, ... особистісно-орієнтовані технології навчання, технології розвивального навчання, метод проєктів, блочно-модульне навчання, контекстне навчання, широкопрофільна підготовка спеціалістів, технології навчання дорослих, ... орієнтовані на сприйняття і засвоєння ... знань, що являють собою цілісну систему; на формування умінь виконувати певні операції, завдання (у тому числі дослідницькі, творчі), пов'язані з їх професійною діяльністю» [216, с. 5]. Інтеграція електротехнічних дисциплін (теоретична електротехніка, електричні вимірювання, електронна техніка, електричні машини, електропривод і перетворювачі) сприяє розв'язанню протиріччя між швидкозмінною елементною базою електротехнічних установок та агрегатів, що постійно ускладнюються за своєю алгоритмічною структурою та схемотехнікою, з одного боку, та деяким консерватизмом типових програм та навчальних посібників, що містять відомості про окремі, часто вже застарілі, електротехнічні установки, з іншого боку [216, с. 7].

У. Ш. Діксіт наголошує на тому, що сучасна підготовка інженерів-електромеханіків повинна будуватися на основі низхідного підходу, за якого спочатку забезпечується загальне уявлення про кінцевий продукт, хоча і не в дуже докладній формі, а потім вивчаються підсистеми системи в деталях. Це

пов'язано із тим, що така підготовка включає багато дисциплін з різних галузей інженерії, тому студенти повинні отримати уявлення про те, як вони будуть інтегровані: «інтеграція різних дисциплін є невід'ємною частиною мехатроніки» [21, с. 86].

О. В. Гамов додає, що «інтегративний підхід розкриває можливості розвитку професійних компетенцій на основі інтеграції: загальнопрофесійних, спеціальних дисциплін та інформаційних технологій; технологій проблемного та модульного навчання ...; методів класичного розрахунку і моделювання електродинамічних систем» [110, с. 11].

Так, рівень сформованості професійної компетентності магістрів електротехнічного спрямування Г. Ю. Дмух [119] визначає ступенем розвиненості наступних компетенцій: науково-дослідної (здійснення збору, аналізу, опрацювання та систематизації науково-технічної інформації; вміння приймати участь у всіх фазах досліджень; вміння використовувати досягнення науки і техніки, передовий вітчизняний та зарубіжний досвід); експлуатаційної (здатність здійснювати експертизу технічної документації, нагляд і контроль за станом технологічних процесів і експлуатацією обладнання; вміння ефективно використовувати природні ресурси, матеріали та енергію); проектно-конструкторської (здатність до проведення комплексного техніко-економічного аналізу, знання методів проведення технічних розрахунків і визначення економічної ефективності досліджень і розробок, знання принципів роботи, технічні, конструктивні особливості розроблюваних і використовуваних технічних засобів); виробничо-технологічної (знання технології проектування, виробництва та експлуатації виробів і засобів технологічного оснащення); організаційно-управлінської (здійснення взаємодії з фахівцями суміжного профілю). Із досвіду підготовки магістрів електромеханіки у Королівському технологічному інституті (Швеція) М. Хансон (Mats Hanson) дійшов висновку, що у навчанні мехатроніки найбільш корисним є проектно-орієнтований підхід [36].

Виокремлення компетенцій майбутнього фахівця електромеханічного

профілю у процесі моделювання професійної підготовки, за Н. П. Моторіною [170], повинно проводитись на основі моделі фахівця, складовими якої є:

- виявлення спектру основних завдань, що вирішуються сучасним інженером-електромеханіком (модель діяльності);
- визначення комплексу необхідних для фахівця знань, умінь і професійних навичок на основі моделі діяльності (модель підготовки);
- уточнення необхідних фахівцю особистих професійно-значущих якостей (модель особистих якостей);
- підготовка до засвоєння перспективних напрямків розвитку для даної спеціальності, виходячи з прогнозу її розвитку на найближчі 15-20 років (модель перспектив розвитку спеціальності).

За результатами моделювання виконується проектування та реалізація системи профільного навчання (С. М. Кашкін [130]), професійної підготовки та перепідготовки фахівців на основі теорії безперервної багаторівневої професійної освіти. С. О. Пчелою [188] встановлено такі педагогічні закономірності наступності, характерні для безперервної підготовки фахівців: структурна, процесуальна і змістовна спадкоємність визначають зміст освітніх програм, зміст і якість навчально-методичного забезпечення навчання, рівень і якість матеріально-технічного забезпечення навчання, порядок і послідовність теоретичного і практичного навчання, вибір форм і методів навчання, видів навчальної діяльності та способів діагностики рівня професійної підготовки фахівців, необхідний рівень перепідготовки, стажування викладачів для якісної реалізації освітніх програм. О. О. Драгунова [121] зазначає, що за такого підходу якість навчання можна підвищити, зокрема, через застосування сучасного програмного забезпечення дистанційне навчання та можливостей Інтернет-технологій.

Метою безперервної багаторівневої професійної освіти є підготовка кваліфікованих фахівців, здатних орієнтуватися в постійно мінливій дійсності, опановувати нові сучасні технології, реалізовувати їх на практиці і



успішно освоювати принципово нові області та види діяльності. Успішно самореалізуватися і відчувати себе комфортно в сучасному суспільстві, а також забезпечити його сталий розвиток зможуть фахівці, здатні мобільно удосконалювати самих себе і перетворювати професійну дійсність відповідно до вимог часу і сучасного суспільства. Т. Б. Котмакова [136] визначає одну з основних професійних характеристик майбутнього фахівця, що підвищує його конкурентоспроможність на ринку праці – особистісну мобільність – як інтегративну якість майбутнього фахівця, яка проявляється у сформованій мотивації до навчання, здатності до творчої діяльності, в ефективному спілкуванні і дозволяє перебувати в процесі активного творчого саморозвитку.

Підвищення конкурентоспроможності вимагає оволодіння майбутнім фахівцем комплексом знань, умінь і навичок, необхідних для активного творчого професійного розвитку, неперервного самовдосконалення та навчання упродовж трудової діяльності. Тому важливим завданням професійної підготовки майбутніх інженерів-електромеханіків є не стільки набуття ними готових знань, скільки оволодіння методами самостійної пізнавальної діяльності. М. Г. Гордієнко [114] наголошує на тому, що в умовах прискорених темпів накопичення та застарівання професійно значущої інформації оволодіння уміннями й навичками самостійної роботи надає можливість майбутньому фахівцеві бути постійно поінформованим щодо новітніх технологій в його професійній сфері, озброює досягненнями світової науки і практики: «Водночас професійно компетентні інженери-електромеханіки мають вирішувати нагальну загальнодержавну проблему енергоресурсозбереження за допомогою використання різних технологій керування, що забезпечують необхідними режимами функціонування електромеханічні комплекси. Ці технології реалізуються різноманітними перетворювачами, пристроями плавного пуску, мікропроцесорного керування тощо, значна кількість яких виробляється зарубіжними компаніями. Щоб вивчити та використати кращий зарубіжний досвід щодо

новітніх розробок, майбутній інженер-електромеханік повинен уміти самостійно знайти потрібну інформацію, прочитати її іноземною мовою, тобто володіти вміннями й навичками самостійної роботи з іноземною фаховою літературою» [114, с. 3].

За цих умов особливого значення набуває проблема формування умінь і навичок самостійної роботи у майбутніх інженерів з метою забезпечення їх адаптації, самореалізації та самоосвіти в сучасних умовах інформаційного суспільства та інтеграції до світового співтовариства. Цілеспрямоване формування умінь і навичок самостійної роботи бакалаврів електромеханіки повинно розпочинатися з фундаментальної підготовки, основою якої є математика, фізика та інформатика.

Т. В. Крилова вказує, що математика як базис для вивчення фундаментальних, загальнотехнічних і спеціальних дисциплін надає широкі можливості розвитку логічного мислення, алгоритмічної культури, формування вмінь встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, обґрунтовувати твердження, моделювати тощо: «якщо методична система навчання математики бакалаврів електромеханіки враховуватиме: професійну спрямованість навчання математики; навчання початків математичного моделювання при вивченні загального курсу вищої математики і спеціальних математичних курсів; розв'язування задач спеціального змісту на завершальному етапі навчання дисциплін математичного циклу; методи, прийоми і засоби активізації самостійної навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні математики; застосування засобів нових інформаційних технологій навчання при розв'язуванні прикладних задач в процесі вивчення загального курсу математики і спеціальних математичних курсів; рівневу диференціацію та індивідуалізацію навчання математики студентів технічних спеціальностей; організацію самостійної роботи студентів і контролю за її виконанням, то це забезпечить виконання сучасних вимог до математичної підготовки студентів, сприятиме їх розумовому розвитку, підготовці до самоосвіти в

умовах неперервної освіти» [138].

О. М. Лавреніна [141] пропонує наповнити курс фізики змістом з урахуванням профілю підготовки майбутніх фахівців, зокрема, шляхом аналізу зв'язків електродинаміки курсу фізики із загальнотехнічною дисципліною «Теоретичні основи електротехніки» та спеціальної дисципліною «Електричні машини» з метою визначення ролі і місця фізичних знань у системі професійної освіти студентів електротехнічних спеціальностей.

С. М. Потьомкіною [180] визначено загальні вимоги до професійної підготовки інженера електротехнічного профілю в галузі фізики:

- знати і вміти використовувати основні поняття, закони і моделі механіки, електрики і магнетизму, коливань і хвиль, квантової фізики, статистичної фізики і термодинаміки;

- знати і вміти компетентно вирішувати комплексні завдання, які включають в себе завдання за видами діяльності;

- знати і вміти використовувати методи теоретичного та експериментального дослідження у фізиці;

- уміти оцінювати чисельні порядки величин, характерних для різних розділів природознавства;

- знати і вміти застосовувати стандартні правила побудови та читання креслень і схем;

- знати про принципи симетрії і закони збереження;

- знати про фізичне моделювання.

Міжпредметні знання та уміння з моделювання використовуються у всіх складових фундаментальної та професійної підготовки бакалавра електромеханіки. Яскравим прикладом застосування міжпредметного моделювання є методика формування екологічних знань у майбутніх інженерів-електромеханіків у процесі навчання спеціальних дисциплін, автор якої розроблена І. О. Солошич вказує, що «залучення студентів до розв'язання змодельованих виробничих ситуацій проблемного характеру із

використанням інтерактивних та інформаційних методів сприяє ефективному розвитку їх професійних інтересів, мотивації оволодіння майбутнім фахом» [202, с. 12].

Р. М. Собко пропонує такі принципи інтегративного використання засобів ІКТ у навчанні студентів електротехнічних та електромеханічних спеціальностей, основними з яких є принципи:

- цілеспрямованості використання засобів ІКТ у професійній підготовці фахівців, який передбачає методологічне, психолого-педагогічне та методичне обґрунтування змісту навчання ІКТ;

- професійної спрямованості навчання ІКТ;

- неперервності використання ІКТ на всіх етапах професійної підготовки;

- ступеневості та системності формування ІТК-компетентності майбутнього фахівця;

- усвідомленості використання ІКТ у вирішенні професійних задач;

- моделювання явищ та процесів професійної діяльності з використанням засобів ІКТ [199, с. 9-10].

Реалізація останніх двох принципів можлива за умови формування у майбутніх фахівців готовності до проведення інженерного експерименту, яку Р. Є. Мажиріна [144] визначає як властивість особистості керувати активним пізнавальним процесом, пов'язаним з аналізом якісних і кількісних характеристик промислових об'єктів. Підготовка майбутніх інженерів до самостійних досліджень, у тому числі освоєння методики і техніки експерименту, є істотною частиною професійної підготовки інженера, виробнича діяльність якого пов'язана з постійним аналізом і спрямованою зміною технічних і природних систем. Ураховуючи, що у підготовці інженерів-електромеханіків значне місце займає підготовка із швидкозмінної галузі інженерії – електронної, – використання засобів ІКТ для моделювання явищ та процесів професійної діяльності є необхідною як у процесі професійної підготовки, так й у процесі професійної діяльності, що зумовлює

необхідність використання мобільних засобів моделювання.

У навчанні електротехнічних дисциплін з використанням ІКТ Н. П. Фікс [211] пропонує використовувати автоматизовані навчально-методичні комплекси, до складу яких входять комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання: підручники, генератори навчальних завдань, віртуальні лабораторії, засоби діагностики та системи автоматизованого моделювання. Прикладом такого комплексу є розроблений Н. Г. Панковою [173] комплекс програмно-інформаційного забезпечення процесу навчання електротехнічних дисциплін, що складається з навчальних посібників з моделювання та розрахунку електричних ланцюгів, методичних вказівок до лабораторного практикуму з використанням ІКТ, програм, методичних вказівок і контрольних завдань для розрахунково-графічних робіт, тестову систему контролю успішності, систему навчальних занять на базі ІКТ. Найвищий рівень автоматизації навчально-методичного комплексу реалізує розроблена М. О. Польським [177] комбінована дидактична інтерактивна програмна система, яка забезпечує організацію репродуктивної (впізнавання і відтворення) і продуктивної евристичної навчально-пізнавальної діяльності студентів в умовах поступовості та завершеності навчання при замкнутому направленому автоматичному управлінні. Серед умов ефективності організації навчального процесу з використанням таких комплексів дослідник називає високий рівень ІКТ-компетентностей викладачів та студентів – зокрема, здатність працювати з універсальними програмними системами для моделювання.

Розглядаючи освітні перспективи прикладної мехатроніки у контексті інтеграції традиційної тематики механічної, електричної та комп'ютерної інженерії, Ч. Фрейзер (Charles J. Fraser) та ін. [26] пропонують наступні розділи навчальної програми: системотехніка; мікропроцесорна техніка; цифрова електроніка; цифрові та аналогові інтерфейси; цифрові комунікації; розробка програмного забезпечення; підпорядковане управління електричними, пневматичними та гідравлічними системами; теорія

автоматичного управління.

Дж. Воган (Joshua Vaughan) та інші [81] пропонують увести інтегративний курс «Творчі рішення та дизайн», спрямований на формування та розвиток у студентів мехатронних та комунікативних компетентностей. Автори, підкреслюючи важливість роботи в команді, відзначають, що в командній роботі студенти не можуть однаково розвивати компетентності в усіх відповідних областях, тому вони розділяють роботу відповідно до власного комфорту та здібностей. Щоб уникнути цього на початку курсу кожному студенту доцільно давати індивідуальний проект, а у другій половині курсу студенти залучаються до командних проектів.

Ю. Ван та ін. у [86] описали 4 блоки практичної підготовки фахівців у центрі CDHAW Університету Тунцзі (Китай):

1) блок попередньої підготовки включає вивчення основ механічної, електричної та електронної інженерії;

2) блок фундаментальної підготовки передбачає лабораторні роботи, на яких студенти перевіряють закони механіки, фізики, матеріалознавства, електротехніки тощо;

3) блок спеціалізованої підготовки передбачає лабораторні роботи з використанням засобів управління, датчиків, приводів, контролерів, мікропроцесорів тощо;

4) блок передової підготовки передбачає самостійну роботу студентів над проектами.

Базові вимоги до професійної підготовки фахівців з електромеханіки, сформульовані за результатами опитування роботодавців, наводить М. В. Роні [65, с. 26]:

1. Підготовка повинна бути фундаментальною: акценти слід робити більше на загальних принципах роботи електромеханічних систем, ніж на застосуванні цих принципів.

2. Комунікативні навички є надзвичайно важливими у роботі техніків-електромеханіків, тому їм слід приділяти особливу увагу у програмі

підготовки.

3. Вивчення взаємозв'язку електричних і механічних елементів систем та пристроїв повинне займати центральне місце в спеціалізованих технічних курсах. Де тільки можливо, електричні та механічні принципи повинні вивчатися разом, а не поодиноці.

4. Принципи електричної і механічної фізики є основними інструментами в роботі техніків-електромеханіків і будь-яке технічне навчання повинно розвивати навички аналітичного мислення, для якого ці інструменти є фундаментальними. Крім того, існує зростаюча потреба в техніках для роботи з новими галузями застосування інших фізичних наук, такими як: оптичне обладнання, теплові енергетичні установки, гідравлічні та пневматичні елементи управління, а також широкий спектр засобів вимірювання.

Для реалізації цих вимог пропонується [65, с. 10]:

1. Основними навчальними предметами, яким слід приділяти найбільшу увагу, є:

- а) прикладна фізика;
- б) прикладна математика;
- в) комунікації – створення креслень, складання та написання звітів;
- г) промислова електроніка – незалежно від області, в якій технік може працювати, потрібне гарне практичне знання електронних пристроїв, схем, приладів і систем.

2. Програма підготовки повинна також включати матеріал з розділів:

- а) світло та оптика;
- б) вакуумна техніка;
- в) конструкційні матеріали та аналіз напружень;
- г) хімія, зокрема, з точки зору корозії;
- д) економіка – стосовно до розробки та застосування промислових об'єктів;
- е) механізми та основи конструювання;

- ж) датчики для різних типів приладів;
- з) контролери та промислове управління;
- и) основи комп'ютерної техніки.

3. Дуже важливим є точне спостереження: ретельно спостерігаючи, технік повинен вміти аналізувати і синтезувати. Хоча ці дві здібності можуть не розвиватись цілеспрямовано у певному курсі, вони повинні розвиватись у всіх лабораторних та аудиторних видах діяльності. Компетентність у цих областях може бути більш важливою, ніж просто технічні здатності.

4. Також важливими є навички ручної праці з основними інструментами.

5. Якщо це практично можливо, програма підготовки повинна бути не більш ніж двохрічною.

У підготовці техніків-електромеханіків М. В. Роні пропонує дотримуватись моделі, що має чотирикомпонентну структуру (рис. 1.3). У центрі моделі – студент, на розвиток особистості якого мають бути спрямовані усі зусилля викладачів. До викладацького складу М. В. Роні висуває вимогу компетентності більш ніж у одній навчальній дисципліні з метою забезпечення міжпредметних зв'язків та інтеграції навчальних дисциплін [66, с. 20].

Розвиток комунікативної компетентності майбутнього фахівця має підтримуватись усіма викладачами: викладач «не повинен зводити свою педагогічну функцію до механіки письма. Натомість, він повинен вміти виокремлювати конкретні потреби студентів на кожному етапі програми. Він повинен розуміти, що без спеціальних комунікативних умінь технік буде погано підготовленим для виконання виробничих функцій» [66, с. 22].

Та найважливішою вимогою до викладачів, що готують майбутніх фахівців з електромеханіки, М. В. Роні вважає «його виробничий досвід, який повинен бути значним і наскільки можливо сучасним. Однією з основних проблем викладання є відставання змісту навчання від поточного стану розвитку виробництва» [66, с. 22]. Престиж навчальної установи, на думку



автора, у значній мірі залежить від того, наскільки кваліфікація викладачів відповідає сучасному стану розвитку виробництва.

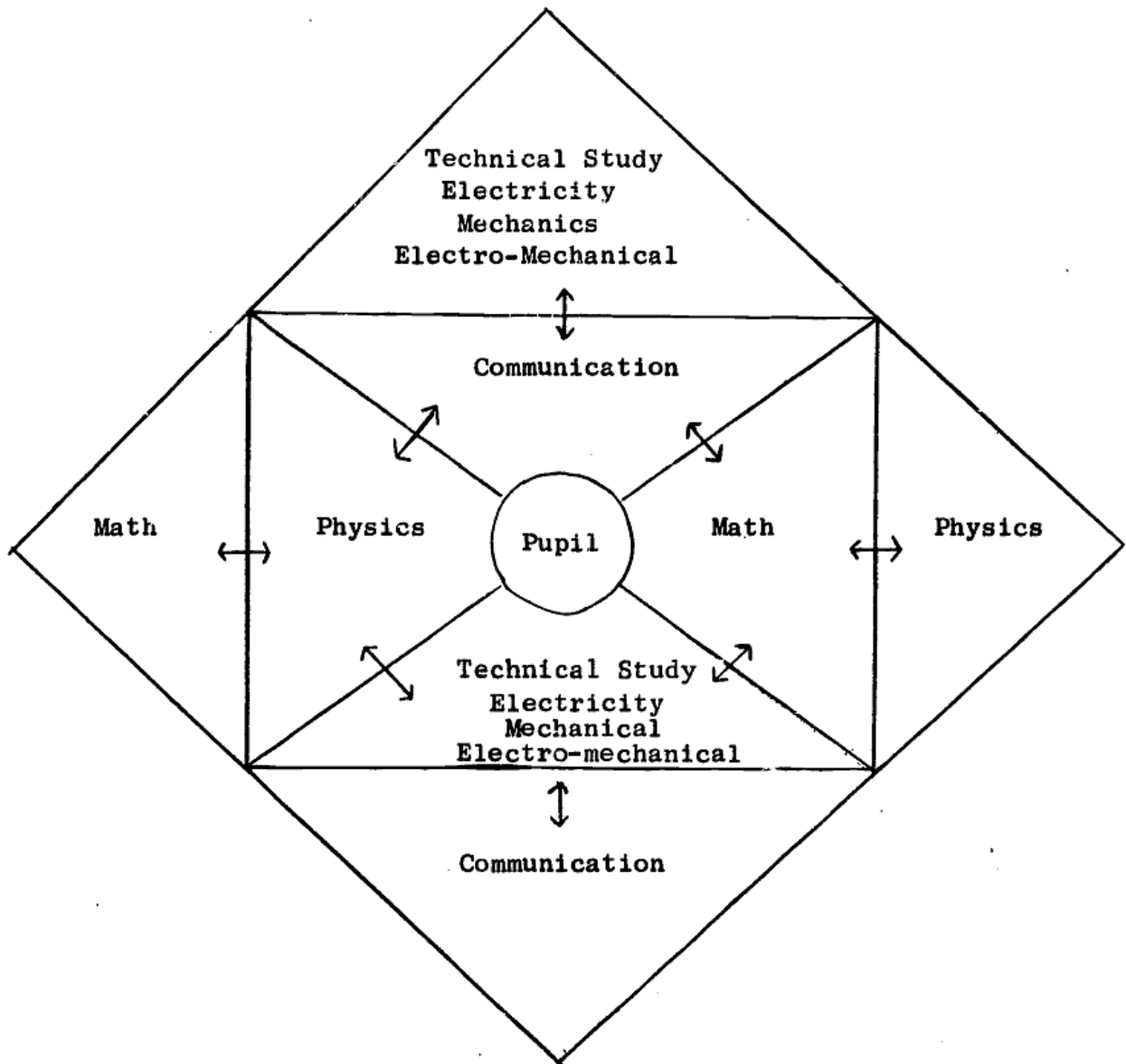


Рис. 1.3. Модель підготовки техніків-електромеханіків (за [66, с. 21])

Професійна підготовка інженерів-електромеханіків у Сполучених Штатах Америки на рівні бакалавра (The Bachelor of Science in Electro-Mechanical Engineering Technology – BSEMET), за даними ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) [2], ведеться з початку 1990-х рр. за спорідненими напрямками підготовки (Electromechanical Engineering Technology, Engineering Technology: Electro-Mechanical Concentration, Electromechanical Engineering Technology Concentration in

Engineering Technology) згідно розроблених АВЕТ критеріїв акредитації програм підготовки інженерів, у яких визначено необхідні вимоги до програм підготовки з електромеханічної інженерії (Electromechanical Engineering Technology).

У вимогах АВЕТ [17, с. 15] чітко розрізняється професійна діяльність техніка-електромеханіка та інженера-електромеханіка. До виробничих функцій техніка-електромеханіка відносяться побудова, установка, застосування та експлуатації та/або технічне обслуговування електромеханічного обладнання та програмного забезпечення. Бакалавр електромеханіки виконає, як правило, проектування, розробку та управління електромеханічними системами.

Технік-електромеханік повинен мати наступні компетенції:

1) здатність до використання САD-систем для графічного подання електромеханічних систем;

2) здатність до використання аналізу ланцюгів, аналогової та цифрової електроніки, основної апаратури та комп'ютерів для характеристики, аналізу та усунення несправностей електромеханічних систем;

3) здатність до використання статички, динаміки (або прикладної механіки), опору матеріалів, інженерного матеріалознавства, інженерних стандартів і виробничих процесів для характеристики, аналізу та усунення несправностей електромеханічних систем;

Бакалаври електромеханіки на додаток до компетенцій техніків-електромеханіків повинні мати наступні компетенції:

4) здатність до використання доцільних мов програмування для оперування електромеханічними системами;

5) здатність до використання електричних/електронних пристроїв, таких як підсилювачі, двигуни, реле, системи живлення, комп'ютерних та вимірювальних систем для проектування, експлуатації або пошуку та усунення несправностей електромеханічних систем;

6) здатність до використання спеціальних розділів інженерної

механіки, інженерного матеріалознавства та гідромеханіки для проєктування, експлуатації або пошуку та усунення несправностей електромеханічних систем;

7) здатність до використання базових знань із систем управління для проєктування, експлуатації або пошуку та усунення несправностей електромеханічних систем;

8) здатність до використання диференціального та інтегрального числення, як мінімум, для визначення статичних та динамічних характеристик електромеханічних систем;

9) здатність до використання відповідних методів управління у дослідженні, аналізі та проєктуванні електромеханічних систем.

Спільними для всіх інженерних напрямків підготовки є 8 акредитаційних критеріїв АБЕТ [17, с. 1-5].

Перший критерій – вимоги до процесу та результатів професійної підготовки студентів; окремо вказується на необхідність моніторингу підготовки кожного студента з метою сприяння в досягненні освітніх цілей. Другий критерій – вимоги до освітніх цілей програми підготовки.

Третій критерій – дві групи компетенцій, які мають набути студенти в процесі досягнення цілей програми підготовки. Перша група визначає у широкому сенсі види діяльності, пов'язані з: використанням різних ресурсів; інноваційним використанням нових процесів, матеріалів або технологій; виконанням стандартних операційних процедур. Друга група визначає у вузькому сенсі види діяльності, які пов'язані з обмеженими ресурсами, новими способами використання традиційних процесів і матеріалів, виконанням основних операційних процедур.

Для бакалаврів інженерії такими компетенціями є:

1) здатність до вибору і застосування знань, методів, умінь та сучасних інструментів для виконання широко визначених задач у галузі інженерно технічної діяльності;

2) здатність вибирати і застосовувати знання математики, природничих

наук, інженерії та технології до проблем інженерної технології, які вимагають застосування принципів і прикладних процедур або методів;

3) здатність проводити стандартні випробування та вимірювання; проводити, аналізувати та інтерпретувати результати експерименту; застосовувати експериментальні результати щодо поліпшення процесів;

4) здатність проєктувати системи, компоненти або процеси для широко визначених задач інженерних технологій, що відповідають освітнім цілям програми підготовки;

5) здатність ефективно працювати у якості члена або керівника технічної команди;

6) здатність виявляти, аналізувати й вирішувати широко визначені задачі інженерних технологій;

7) здатність застосовувати письмову, усну та графічну комунікацію в технічних і нетехнічних середовищах; здатність ідентифікувати та використовувати відповідну технічну літературу;

8) розуміння необхідності і здатність займатися неперервним самостійним підвищенням професійної кваліфікації;

9) розуміння та дотримання професійної та етичної відповідальності, включаючи повагу до різноманітності;

10) знання про вплив інженерно-технологічних рішень у суспільному та глобальному контексті;

11) схильність до якості, своєчасності та постійного вдосконалення.

Вимога постійного вдосконалення програми підготовки є основою четвертого критерію. Для цього пропонується застосовувати відповідні методи оцінки та аналізу студентських досягнень. Отримані результати повинні систематично використовуватись у якості вхідних даних для постійного поліпшення програми підготовки.

П'ятий критерій – загальні вимоги до навчального плану:

– у *галузі математики* програма спрямована на розвиток здатності студентів застосовувати математику до вирішення технічних проблем.

Мінімальний зміст навчання повинен передбачати застосування інтегрального та диференціального числення або інших розділів вищої математики, виходячи із цілей програми підготовки;

– *технічна складова* навчального плану має зосередитися на прикладних аспектах науки та інженерії і повинна займати не менше 1/3 та не більше 2/3 від загального обсягу кредитів, містити технічне ядро – основу подальшої підготовки студентів та розвивати компетентності студентів у використанні спільного для різних дисциплін обладнання та інструментів;

– у галузі фізики та природничих наук обов'язковим є лабораторний практикум з відповідної дисципліни;

– *інтеграція змісту* з метою розвитку студентських компетентностей із застосування технічних та нетехнічних навичок у вирішенні проблем;

– *поєднання академічної освіти з набуттям досвіду практичної діяльності* повинно регулюватись та оцінюватись навчальним планом;

– *консультативний комітет* за участю представників організацій, у яких працюють випускники, повинен періодично переглядати навчальний план з метою його вдосконалення та розвитку відповідно до зміни цілей підготовки та змін у галузі.

Шостий критерій – вимоги до викладачів, основною з яких є наявність досвіду та рівня освіти, відповідного до очікуваного внеску викладача у програму підготовки. Компетентність викладача оцінюється за освітою, професійною кваліфікацією та сертифікацією, професійним досвідом, поточним професійним розвитком, внеском у дисципліни, ефективністю викладання та комунікаційними навичками. Разом всі викладачі повинні покривати усі складові програми підготовки.

Персонал, задіяний у програмі підготовки, має бути у достатній кількості для підтримки безперервності, стабільності, контролю, взаємодії із студентами та консультування. Персонал повинен мати достатню відповідальність і повноваження для поліпшення програми підготовки через визначення і перегляд освітніх цілей та навчальних досягнень, а також для

реалізації програми підготовки, що сприятиме покращенню навчальних досягнень студентів.

Сьомий критерій – вимоги до засобів підтримки (фасилітації) процесу навчання:

- кабінети, офіси, лабораторії та відповідне обладнання має сприяти досягненню цілей навчання та забезпечувати сприятливу атмосферу для навчання;

- сучасні інструменти, обладнання, обчислювальні ресурси та лабораторії, відповідні програмі, мають бути наявними, доступними, систематично підтримуватись і оновлюватись для забезпечення досягнення студентами навчальних цілей та підтримки вимог програми;

- студенти повинні бути забезпечені відповідними вказівками щодо використання інструментів, обладнання, обчислювальних ресурсів і лабораторій, що використовуються у процесі підготовки;

- бібліотечні служби та ІКТ-інфраструктура повинна адекватно підтримувати наукову та професійну діяльність студентів і викладачів.

Восьмий критерій – рівень підтримки програми навчання з боку навчального закладу та керівництва, достатній для забезпечення якості та неперервності програми підготовки:

- ресурси, в тому числі служби установи, фінансова підтримка та персонал (як адміністративний, так й технічний), задіяні в програмі, повинні бути достатніми для задоволення потреб програми підготовки;

- доступні в програмі ресурси повинні бути достатніми для залучення, утримання та забезпечення постійного професійного розвитку професорсько-викладацького складу;

- доступні в програмі ресурси повинні бути достатніми для придбання, обслуговування та експлуатації інфраструктур, споруд та обладнання, які можуть бути застосовані у програмі, а також для створення середовища, що сприятиме досягненню цілей навчання.

Стандарти підготовки інженерів-електромеханіків, запропоновані

Міністерством освіти, коледжів та університетів Онтаріо (Канада) [23], містить три складові: *Vocational standard* – аналог спеціальних професійних компетенцій вітчизняного стандарту, *Generic employability skills standard* – аналог загальнопрофесійних, інструментальних (частково) та загальнонаукових (частково) компетенцій вітчизняного стандарту, та *General education standard* – аналог соціально-особистісних, інструментальних (частково) та загальнонаукових (частково) компетенцій вітчизняного стандарту.

У результаті опанування *Vocational standard* у випускників повинні бути сформовані наступні компетенції:

- виготовлення механічних вузлів і агрегатів та збирання електричних компонентів і електронних вузлів, застосовуючи навички і знання основних правил діючих норм техніки безпеки;

- аналізувати, інтерпретувати і виробляти електричні, електронні та механічні креслення та інші пов'язані з ними документи і графіки, необхідні для проєктування електромеханічних систем;

- вибирати і використовувати випробувальне обладнання та різні методи усунення неполадок для оцінки електромеханічних схем, обладнання, процесів, систем і підсистем;

- змінювати, підтримувати і ремонтувати електричні, електронні та механічні компоненти обладнання і системи забезпечення їх функціонування у відповідності зі специфікаціями;

- застосовувати методи інженерії та фундаментальних наук для аналізу і розв'язання проблем проєктування та інших складних технічних завдань для виконання робіт, пов'язаних з електромеханічною інженерією;

- розробляти та аналізувати механічні компоненти, процеси та системи на основі застосування інженерних принципів і рішень;

- застосовувати принципи механіки твердого тіла та механіки рідин для розробки та аналізу електромеханічних систем;

- проєктувати, аналізувати, будувати і виправляти логічні та цифрові

схеми, пасивні та активні схеми постійного і змінного струму;

- проектувати, обирати, застосовувати, інтегрувати і усувати неполадки в різних промислових системах управління електроприводом, пристроях збору даних та системах;

- проектувати, аналізувати і шукати несправності у мікропроцесорних системах;

- встановлювати та налаштовувати комп'ютерне обладнання та мови програмування високого рівня для підтримки електромеханічного інженерного середовища;

- аналізувати, програмувати, встановлювати, інтегрувати та налаштовувати автоматизовані системи, у тому числі – робототехнічні;

- виконувати та підтримувати системи інвентаризації, запису та документування;

- допомагати в управлінні проектами, застосовуючи принципи ведення бізнесу до електромеханічного інженерного середовища;

- обирати електромеханічне обладнання, компоненти та системи, що відповідають робочим вимогам і функціональним специфікаціям;

- складати, координувати і реалізувати програми і процедури контролю якості і забезпечення якості;

- виконувати всі роботи відповідно із відповідними законами, правилами, кодексами, настановами та процедурами забезпечення безпеки;

- розвивати особистісні та професійні стратегії та плани підвищення продуктивності праці та робочих відносин з клієнтами, колегами та керівниками [23, с. 6-7].

*Generic employability skills standard* визначає наступні компетенції:

- спілкуватися ясно, коротко і правильно у письмовій, усній і візуальній формі, у відповідності до мети та потреб аудиторії;

- переосмислювати інформацію, ідеї та концепції за допомогою усного, візуального, числового та символного подання, які демонструють її розуміння;



- застосовувати широкий спектр математичних методів із ступенем точності, необхідним для вирішення проблеми і прийняття рішення;
- доречно використовувати різне комп'ютерне обладнання, програмне забезпечення та інші технічні засоби відповідно до виконаних завдань;
- взаємодіяти з колегами та іншими групами так, щоб сприяти ефективним робочим відносинам і досягненню цілей;
- саморефлексувати всі кроки і процеси, що використовуються у вирішенні проблеми та прийнятті рішення;
- збирати, аналізувати та упорядковувати доцільну та необхідну інформацію з різних джерел;
- оцінити обґрунтованість аргументів, заснованих на якісній та кількісній інформації для того, щоб прийняти або піддати сумніву висновки, зроблені іншими;
- створювати інноваційні стратегії та/або продукти, які відповідають виявленим потребам;
- управляти використанням часу та інших ресурсів для досягнення особистих цілей та/або цілей проекту;
- брати на себе відповідальність за власні дії та рішення;
- адаптуватися до нових ситуацій і вимог шляхом застосування та/або оновлення власних знань і навичок;
- реалістично репрезентувати власні навички, знання і досвід в особистих цілях та для забезпечення продуктивної зайнятості [23, с. 27].

Останній блок – *General education standard* – визначає ключові компетенції:

- естетичні: розуміти красу, форму, смак і роль мистецтва в житті суспільства;
- громадянські: розуміти сенс свободи, права, брати участь у громадському та суспільному житті;
- міжкультурні: розуміти культурне, соціальне, етнічне та мовне розмаїття країни та світу;

- саморозвитку: прагнути до більшої самосвідомості, інтелектуального зростання, благополуччя та розуміння інших;
- соціальні: розуміти відносини між людьми і суспільством;
- загальнонаукові: оцінювати внесок науки в розвиток цивілізації, людське розуміння та потенціал;
- загальнотехнологічні: розуміти взаємозв'язок між розвитком та використанням технологій, суспільством та екосистемою;
- економічні: розуміти сенс, історію та організацію праці, а також зміни у робочому житті людей і суспільства [23, с. 46-48].

Фахівці Human Resource Systems Group [22] визначають дві групи компетенцій, що можуть бути сформовані на одному з п'яти рівнів (1 – базовий, 5 – експертний):

- 1) *загальні* компетенції, до складу яких входять компетенції з:
  - письмової комунікації (на рівні 4 – передавання складної інформації);
  - аналітичного мислення (на рівні 4 – застосування загального аналізу);
  - усної комунікації (на рівні 4 – передавання складних повідомлень);
  - розв'язання проблем (на рівні 4 – розв'язання складних проблем);
  - планування та організації (на рівні 4 – планування та організація багатокомпонентної складної діяльності);
  - лідерства у команді (на рівні 3 – формування сильних команд);
  - критичного мислення (на рівні 4 – формулювання загальних стратегій з багатовимірних стратегічних питань);
  - прогнозування та управління (на рівні 3 – автоматичне управління та оперативна підтримка);
- 2) *технічні* компетенції, до складу яких входять компетенції з:
  - калібрування / математики (на рівні 4 – багатокрокові складні обчислення);
  - інструментально-технологічні (на рівні 4 – експлуатація ручних та електроінструментів усіх типів);
  - проєктування (на рівні 4 – демонстрація додаткових знань і

здібностей, застосування компетенції у нових або складних ситуаціях, консультування інших фахівців);

– обслуговування та відновлення електричних систем (на рівні 4 – демонстрація додаткових знань і здібностей, застосування компетенції у нових або складних ситуаціях, консультування інших фахівців);

– електричної та електронної інженерії (на рівні 5 – демонстрація експертних знань та здатностей, застосування компетенції у найбільш складних ситуаціях, розробка нових підходів та методів, визнання як експерта у співтоваристві та/або за його межами);

– роботи із електричним обладнанням (на рівні 5 – експертному).

Матриця В компетенцій для сектору електронної та електричної інженерії [8, с. 14-15], розроблена у рамках проекту європейського VQTS II (Vocational Qualification Transfer System), охоплює 8 груп компетенцій, кожна з яких визначена на 3 або 4 рівнях:

1) підготовка, планування, монтаж і установка електричних та/або електронних систем для будівельного та промислового застосування;

2) перевірка, догляд та обслуговування електричних та/або електронних систем і устаткування;

3) створення, введення в експлуатацію і регулювання електричних та/або електронних систем;

4) проектування, модифікація та адаптація провідних мереж та друкованих плат для електричних та/або електронних систем, включаючи їх інтерфейси;

5) розробка спеціалізованих електричних та/або електронних проектів;

6) нагляд і підтримка виробничих і бізнес-процесів, включаючи управління якістю;

7) установка, настроювання і тестування модифікації прикладного програмного забезпечення для установки та експлуатації електричних та/або електронних систем;

8) діагностика та ремонт електричних/електронних систем і

устаткування.

Узагальнення досвіду професійної підготовки інженерів-електромеханіків в Україні та закордоном надає можливість визначити основні напрями модернізації їх професійної підготовки:

- 1) перехід до компетентнісно орієнтованих стандартів підготовки;
- 2) розробка інтегрованих програм підготовки «технік-електромеханік – інженер-електромеханік» на основі Національної рамки кваліфікацій;
- 3) розробка професійних стандартів підготовки фахівців у галузі мехатроніки для металургійної та гірничодобувної промисловості;
- 4) забезпечення неперервної підготовки та перепідготовки інженерів-електромеханіків на основі використання сучасних засобів ІКТ.

## **1.2 Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» визначає об'єкт у такий спосіб: «система, споруда, машина, підсистема, апаратура, функційна одиниця, пристрій, елемент чи будь-яка їх частина, що розглядається з погляду надійності як самостійна одиниця». При цьому сукупність об'єктів, об'єднаних спільним призначенням і метою функціонування також може розглядатися як об'єкт [122]. У міждержавному стандарті ГОСТ 27.001-95 термін «об'єкт» розглядається як синонім до «технічний об'єкт» та визначається як «будь-який виріб (елемент, пристрій, підсистема, функціональна одиниця або система), яку можна розглядати окремо». Такий об'єкт може складатися із технічних засобів, програмних засобів або їх поєднань і може у окремих випадках містити людей, що його експлуатують, обслуговують та/або ремонтують [116, с. 5].

Міжнародна електротехнічна комісія вважає синонімічними терміни «об'єкт» (object) і «елемент» (item) [40] і визначає «модель» (model) як «математичне або фізичне подання системи або процесу з достатньою точністю на основі відомих законів, виявлень або вказаних припущень» [41].

Місце моделювання в системі умінь бакалавра електромеханіки визначимо шляхом аналізу ОПП [108] (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Система змістових модулів, що забезпечує  
формування умінь з моделювання**

<b>Зміст уміння, що забезпечується</b>	<b>Назва змістового модуля</b>	<b>Назва навчальної дисципліни</b>
Уміти досліджувати фізичні явища і процеси в електромеханічному обладнанні	Основи формалізації систем (Основи моделювання складних систем)	Моделювання електромеханічних систем
	Основи розрахунку та моделювання об'єктів на ЕОМ (Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах аналізу)	
Уміти використовувати фундаментальні знання математики та її методи в практичній професійній діяльності	Спеціальні теми вищої математики	Вища математика
Уміти застосовувати результати розрахунку установлених режимів для аналізу роботи електромеханічного обладнання	Розрахункові схеми та правила приведення параметрів	Теорія електропривода
	Типові статичні навантаження електропривода	
	Режими роботи електропривода	
	Номинальні режими роботи електродвигунів	
Уміти досліджувати усталені та перехідні процеси в електромеханічних системах	Якість лінійних систем автоматичного керування	Теорія автоматичного керування
	Стійкість лінійних систем автоматичного керування	
Уміти досліджувати усталені та перехідні процеси в електромеханічних системах	Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах	Теоретичні основи електротехніки. Частина 1, 2
	Рівняння руху механічної частини електропривода	Теорія електропривода
	Динамічні властивості пружної механічної частини електропривода	
	Динамічні навантаження електропривода	
	Перехідні процеси в електромеханічній системі при незмінній швидкості ідеального холостого ходу	
	Поняття про оптимальні перехідні процеси електромеханічної системи	Теорія автоматичного керування
	Електромеханічні перехідні процеси під час плавної зміни керуючої дії	
Динаміка систем автоматичного керування та методи дослідження		
Уміти створювати алгоритми для вирішення задач у	Алгоритми	Обчислювальна техніка та програ-
	Мови програмування	

<b>Зміст уміння, що забезпечується</b>	<b>Назва змістового модуля</b>	<b>Назва навчальної дисципліни</b>
професійній діяльності		мування
	Числові методи вирішення диференціальних рівнянь (Спеціальні теми вищої математики)	Вища математика
Уміти використовувати сучасні інформаційні технології у професійній діяльності	Обчислювальна техніка	Обчислювальна техніка та програмування
	Програмні комплекси	
Уміти аналізувати процеси в електромеханічному обладнанні	Математичні моделі у просторі стану (Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах аналізу, Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах передбачення і синтезу)	Моделювання електромеханічних систем
	Моделювання об'єктів керування та систем на основі потенційних функцій (Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах аналізу, Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах передбачення і синтезу)	
	Трансформатори	Електричні машини
	Асинхронні машини Синхронні машини	
Уміти використовувати сучасні інформаційні технології для вирішення проектних, експериментальних і практичних завдань	Основи формалізації систем (Основи моделювання складних систем)	Моделювання електромеханічних систем
	Математичні моделі у просторі стану (Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах аналізу, Моделювання електромеханічних пристроїв та систем в задачах передбачення і синтезу)	
	Програмні комплекси	Обчислювальна техніка та програмування
	Комп'ютерна графіка	Інженерна та комп'ютерна графіка

Виділені навчальні дисципліни блоку моделювання розподіляються за циклами підготовки у такий спосіб (у дужках вказана кількість кредитів ECTS згідно ОПП [108, с. 45-47]):

– цикл математичної, природничо-наукової підготовки: «Вища математика» (19), «Інженерна та комп'ютерна графіка» (4), «Обчислювальна техніка та програмування» (10);

– цикл професійної та практичної підготовки: «Електричні машини» (7), «Теорія електропривода» (8), «Теорія автоматичного керування» (7),

«Теоретичні основи електротехніки. Частини 1, 2» (10), «Моделювання електромеханічних систем» (5).

На рис. 1.4 показано внесок дисциплін блоку моделювання у цикли підготовки бакалавра електромеханіки.

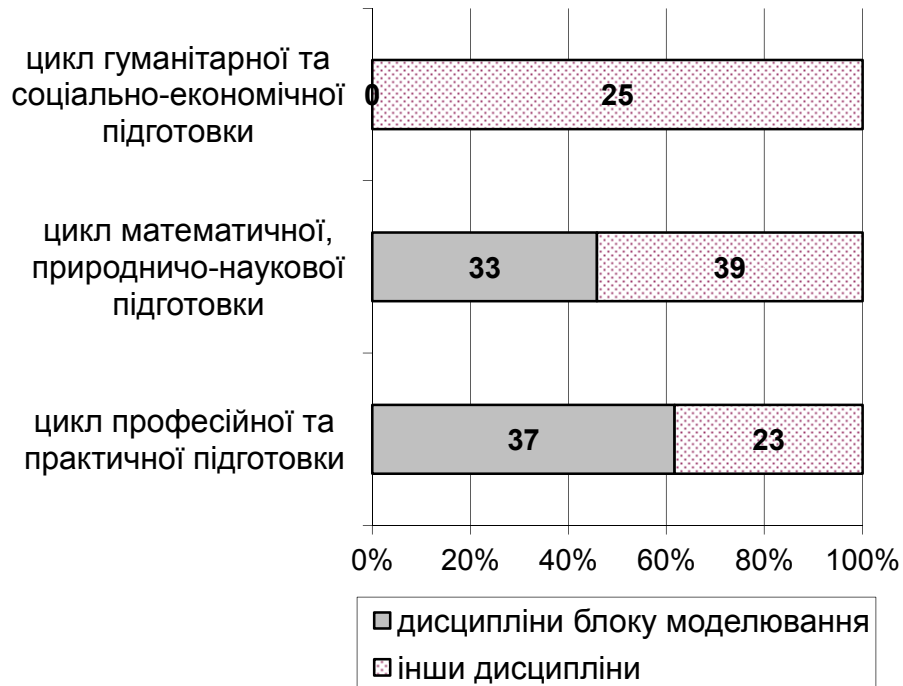


Рис. 1.4. Дисципліни блоку моделювання у циклах підготовки бакалавра електромеханіки

Відповідність узагальнених умінь з моделювання технічних об'єктів компетенціям бакалавра електромеханіки показана у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

**Відповідність узагальнених умінь з моделювання технічних об'єктів компетенціям бакалавра електромеханіка**

Зміст уміння	Компетенція, що забезпечує уміння
Уміти використовувати фундаментальні знання математики та її методи в практичній професійній діяльності	КЗН-02: базові знання фундаментальних розділів вищої математики, в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом електромеханічної галузі знань, здатність використовувати математичні методи в обраній професії
Уміти застосовувати інформаційні технології, програмні засоби та Internet при вирішенні конкретних задач професійної діяльності	КЗН-03: базові знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій; навички використання програмних засобів і навички роботи в комп'ютерних мережах, системах передачі даних, уміння створювати бази да-

Зміст уміння	Компетенція, що забезпечує уміння
	них і використовувати Інтернет-ресурси
Уміти використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій	КІ-03: навички роботи з комп'ютером та програмним забезпеченням
Уміти використовувати основні методи програмування та моделювання у галузі електромеханіки	
Уміти застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою	КІ-05: дослідницькі навички
Уміти визначати тип електромеханічних об'єктів та їх основні характеристики, розуміти їх функціональне призначення та вплив на розвиток продуктивних сил	КЗП-01: базові знання про принцип роботи електромеханічних пристроїв та систем, розуміння змісту їх функціонального призначення
Уміти створювати прикладне програмне забезпечення та ефективно застосовувати обчислювальну техніку для вирішення задач в галузі електромеханіки	КЗП-08: знання в галузі обчислювальної техніки та програмування, володіння навичками роботи з комп'ютером для вирішення задач в галузі електромеханіки
Уміти розраховувати, конструювати, досліджувати, експлуатувати, ремонтувати, налагоджувати електричні машини та апарати, електроприводи, електротранспорт, електромеханічні системи та системи автоматичного керування	КЗП-10: знання електричних машин та апаратів, теоретичних основ електромеханіки та електротехніки, теорії електропривода та автоматичного керування
Уміти моделювати процеси в електричних машинах та апаратах, електроприводах, електричному транспорті, електропобутовій техніці, електромеханічних системах та комплексах	КСП-01: здатність використовувати знання в галузі електромеханіки для моделювання процесів в електричних машинах та апаратах, електроприводах, електричному транспорті, електропобутовій техніці, електромеханічних системах та комплексах
Уміти розраховувати, досліджувати, вибирати, впроваджувати, ремонтувати, проектувати та експлуатувати електроприводи, електричний транспорт, електромеханічні системи та їх складові	КСП-02: здатність використовувати знання й уміння в галузі електроприводу для розрахунку, дослідження, вибору, впровадження, ремонту, проектування та експлуатації електроприводів, електричного транспорту, електромеханічних систем та їх складових
Уміти досліджувати фізичні явища і процеси в електричних машинах та апаратах, електроприводах, електричному транспорті, електропобутовій техніці, електромеханічних системах, електромеханічному обладнанні	КСП-04: здатність використовувати знання й уміння в галузі автоматичного керування для дослідження фізичних явищ і процесів в електричних машинах та апаратах, електроприводах, електричному транспорті, електропобутовій техніці, електромеханічних системах, електромеханічному обладнанні
Уміти розраховувати статику та динаміку, досліджувати та конструювати кінематичні схеми електричних машин та апаратів, електроприводів, електричного транспорту, електропобутової техніки, електромеханічних систем, комплексів, пристроїв і електромеханічного обладнання	КСП-05: здатність використовувати знання й уміння в галузі теоретичної механіки для розрахунку статики та динаміки, дослідження та конструювання кінематичних схем електромеханічних пристроїв й систем та їх елементів
Уміти розраховувати, досліджувати, конструювати, вибирати, ремонтувати та експлу-	КСП-06: здатність використовувати знання й уміння в галузі електричних машин та апаратів



Зміст уміння	Компетенція, що забезпечує уміння
атувати електричні машини та апарати, а також застосовувати їх в електроприводах, електричному транспорті, електрообутовій техніці, електромеханічних системах та комплексах	тів для їх розрахунку, дослідження, конструювання, вибору, ремонту та експлуатації, а також для застосування в електроприводах, електричному транспорті, електрообутовій техніці, електромеханічних системах та комплексах

На рис. 1.5 відображено співвідношення кількості компетенцій, що включають уміння з моделювання технічних об'єктів, до загальної кількості компетенцій бакалавра електромеханіки по групах компетенцій.



Рис. 1.5. Співвідношення кількості компетенцій, що включають уміння з моделювання технічних об'єктів, до загальної кількості компетенцій

Додатковий аналіз ОПП бакалавра електромеханіки надав можливість виявити, що компетенції, які включають уміння з моделювання технічних об'єктів, також формуються у процесі навчання дисципліни «Теоретична механіка» та у під час дипломного проєктування. У табл. 1.3 та на рис. 1.6 показано розподіл по семестрах навчальних дисциплін, у яких формуються уміння з моделювання технічних об'єктів.

**Фрагмент навчального плану**  
**підготовки бакалавра з напрямку 6.050702 «Електромеханіка»**  
**у ДВНЗ «Криворізький національний університет»**

Назва навчальної дисципліни	Кредитів ECTS	Шифри компетенцій, що включають уміння з моделювання технічних об'єктів	Розподіл кредитів по семестрах							
			1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Цикл математичної, природничо-наукової підготовки</i>										
Вища математика	19	КЗН-02	7,5	4	4,5					
Обчислювальна техніка та програмування	10	КЗН-03, КІ-03	10							
Інженерна та комп'ютерна графіка	4	КІ-03		4						
<i>Цикл професійної та практичної підготовки</i>										
Теоретична механіка	6	КЗП-01, КСП-01, КСП-05		2,5	3,5					
Теоретичні основи електротехніки. Ч. 1, 2	10	КЗП-01, КЗП-10			5	5				
Електричні машини	7	КЗП-01, КЗП-10, КСП-01, КСП-06				2,5	4,5			
Теорія автоматичного керування	7	КЗП-01, КЗП-10, КСП-01, КСП-04					3,5	3,5		
Моделювання електромеханічних систем	5	КСП-01					5			
Теорія електропривода	8	КЗП-01, КЗП-10, КСП-01, КСП-02						4	4	
Дипломне проектування	9	КІ-05, КЗП-01, КСП-01								9
<i>Разом кредитів за семестр</i>			17,5	10,5	13	7,5	13	7,5	4	9



Рис. 1.6. Розподіл навчальних дисциплін, у яких формуються уміння з моделювання технічних об'єктів, по семестрах (за навчальним планом підготовки бакалавра з напрямку 6.050702 «Електромеханіка» у ДВНЗ «Криворізький національний університет»)

Таким чином, необхідною основою для формування умінь моделювання технічних об'єктів є навчальна дисципліна «Вища математика», у якій студенти оволодівають математичним апаратом моделювання електромеханічних процесів, та «Обчислювальна техніка та програмування», у якій студенти оволодівають базовими знаннями і навичками використання програмних засобів комп'ютерного моделювання у галузі електромеханіки. Додатково у навчальній дисципліні «Інженерна та комп'ютерна графіка» студенти навчаються використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій автоматизованого проектування.

Подальші знання про принципи роботи електромеханічних пристроїв та систем, розуміння змісту їх функціонального призначення студенти набувають у циклі професійної та практичної підготовки, центральне місце в якій займає навчальна дисципліна «Моделювання електромеханічних систем», у якій студенти набувають здатність використовувати знання в галузі електромеханіки для моделювання процесів в електричних машинах та апаратах, електроприводах, електричному транспорті, електропобутовій техніці, електромеханічних системах та комплексах. Завершальним етапом процесу формування умінь з моделювання технічних об'єктів є дипломне проектування.

Дисципліни блоку моделювання забезпечують формування дослідницької виробничої функції бакалавра електромеханіки, що реалізується через типову задачу діяльності «Проведення дослідних виробничих експериментів (під керівництвом)» із наступним змістом уміння: користуючись науково-технічними матеріалами та базовими знаннями теорії проведення експериментів та випробувань:

- брати участь у проведенні експериментів і випробувань;
- підключати прилади, реєструвати необхідні характеристики та параметри;
- виконувати обробку одержаних результатів;

– збирати, обробляти і накопичувати вихідні матеріали, дані статистичної звітності, науково-технічну інформацію тощо;

– брати участь у дослідженнях та випробуваннях перетворювальних агрегатів із системами керування та автоматичного регулювання параметрів [109, с. 38].

Таким чином, блок моделювання забезпечує теоретичне та практичне наповнення фундаментальної, загальнопрофесійної та спеціалізовано-професійної підготовки бакалавра електромеханіки, надаючи можливість сформувати компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні.

*Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів* визначимо як особистісно-професійне утворення, яке включає систему знань, умінь, навичок, досвід діяльності з моделювання мехатронних систем та позитивне ціннісне ставлення до неї й виявляється в готовності та здатності до застосування методів та програмно-апаратних засобів моделювання для аналізу процесів, синтезу систем, оцінки їх надійності та ефективності для вирішення практичних проблем у професійній діяльності, та виокремити її складники: когнітивний, праксеологічний, аксіологічний та інформаційно-комунікативний (комунікабельність, здатність до адаптації та інтеграції).

До визначення компетенцій, результатом опанування яких компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, існує декілька підходів. ОКХ бакалавра електромеханіки [109] виділяє наступні групи компетенцій: соціально-особистісні, загальнонаукові, інструментальні, загальнопрофесійні та спеціалізовано-професійні.

Соціально-особистісні компетенції включають в себе розуміння та сприйняття етичних норм поведінки відносно інших людей і відносно природи (принципи біоетики); розуміння необхідності та дотримання норм здорового способу життя; здатність учитися; здатність до критики й самокритики; креативність, здатність до системного мислення; адаптивність і комунікабельність; наполегливість у досягненні мети; турбота про якість

виконуваної роботи; толерантність; екологічна грамотність.

До інструментальних компетенцій відносяться здатність до письмової та усної комунікації рідною мовою, знання іншої мови (мов), навички роботи з комп'ютером, навички управління інформацією та дослідницькі навички.

Навчання у ЗВО без опанування цих компетенцій на достатньому рівні є неможливим, тому надалі ці групу компетенцій не розглядатимемо, вважаючи сформованість соціально-особистісної та інструментальної компетентностей майбутнього фахівця з електромеханіки необхідною умовою формування його компетентності в моделюванні.

Таким чином, формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відбувається через систему загальнонаукових, загальнопрофесійних та спеціалізовано-професійних компетенцій.

Проведений аналіз різних підходів до визначення компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів дозволив запропонувати власну систему компетенцій (рис. 1.7):

- 1) загальнонаукові:
  - компетенції у прикладній математиці;
  - компетенції в інформаційно-комунікаційних технологіях;
  - компетенції у фундаментальних науках;
- 2) загальнопрофесійні:
  - застосування різних способів подання моделей;
  - критичне мислення;
  - розв'язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій;
  - компетенції в електричних машинах;
- 3) спеціалізовано-професійні:
  - компетенції у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них;
  - компетенції з аналізу процесів в енергетичному обладнанні;

- компетенції у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем;
- компетенції у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах;
- компетенції у моделюванні електромеханічних систем.



Рис. 1.7. Система компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів

Відповідно до виділеної структури підготовки бакалаврів електромеханіки з моделювання технічних об'єктів (рис. 1.6), формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів розпочинається у циклі математичної, природничо-наукової підготовки (провідними є загальнонаукові компетенції) і продовжується у циклі професійної та практичної підготовки (провідними є загальнопрофесійні та спеціалізовано-професійні компетенції). Ураховуючи, що найвищий рівень системності у процесі її формування досягається при підготовці до державної атестації (іспит, захист кваліфікаційної роботи), доцільним є при оцінюванні

рівня сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні ураховувати також її виявлення студентами під час дипломного проєктування.

Задля оцінювання рівня сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів були визначені критерії оцінювання кожної компетентності за чотирма рівнями:

- 0 – рівень несформованості;
- 1 – низький рівень сформованості;
- 2 – середній рівень сформованості;
- 3 – високий рівень сформованості.

У таблицях компоненти кожної компетентності позначені так: К – когнітивна, П – праксеологічна, А – аксіологічна, С – інформаційно-комунікативна.

До компетенцій у прикладній математиці входять розуміння основних фактів, концепцій, принципів прикладної математики; володіння методами системного аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням засобів сучасних ІКТ, встановлення їх адекватності реальним процесам та явищам; знання чисельних методів та алгоритмів їх реалізації; визначення коректності застосованих методів, обумовленості задач і стійкості алгоритмів до похибок вхідних даних; добір та раціональне використання готових програмних засобів (зокрема систем комп'ютерної математики) для проведення обчислювальних експериментів з метою перевірки гіпотетичних тверджень, тощо. Критерії оцінювання компетентності у прикладній математиці подано у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

#### Критерії оцінювання компетентності у прикладній математиці

	несформовано	низький	середній	високий
<b>К</b>	не має уявлення про основні факти, концепції, принципи прикладної математики	має базові уявлення про факти, концепції, принципи прикладної математики, чисельні методи, програмне забезпе-	знає основні факти, концепції, принципи прикладної математики, чисельні методи, алгоритми їх реалізації, принципи добору прог-	знає основні факти, концепції, принципи прикладної математики, чисельні методи, алгоритми їх реалізації, умови доцільного зас-

	несформовано	низький	середній	високий
		чення для моделювання	рамного забезпечення обчислювального експерименту	тосування, принципи добору відповідного задачі програмного забезпечення обчислювального експерименту
<b>П</b>	не володіє чисельними методами та програмним забезпеченням для моделювання	за допомоги викладача або відповідної вказівки реалізує моделі прикладних задач з використанням ІКТ, співвідносить їх з реальними процесами та явищами; використовує програмні засоби для проведення обчислювальних експериментів з метою перевірки гіпотетичних тверджень	володіє методами побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням ІКТ, встановлення їх адекватності реальним процесам та явищам; визначає коректність застосованих методів, добирає та використовує програмні засоби для проведення обчислювальних експериментів з метою перевірки гіпотетичних тверджень	володіє методами системного аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням засобів сучасних ІКТ, встановлення їх адекватності реальним процесам та явищам; реалізує чисельні методи у середовищі моделювання; визначає коректність застосованих методів, добирає та раціонально використовує програмні засоби для проведення обчислювальних експериментів з метою перевірки гіпотетичних тверджень
<b>А</b>	не розуміє значущості методів прикладної математики та не має зацікавленості в їх використанні	розуміє значущість математичних методів в теоретичному обґрунтуванні процесів у електромеханічних системах, але не має зацікавленості в їх опануванні для моделювання технічних об'єктів	розуміє важливість методів прикладної математики у моделюванні технічних об'єктів, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	усвідомлює роль прикладної математики в різних сферах людської діяльності та універсальність її методів, має впевненість у тому, що ці вміння знадобляться у подальшій професійній діяльності, налаштований на якомога краще їх опанування
<b>С</b>	виконує окремі дії з аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за допомогою викладача, не пропонує й не просить допомоги в процесі аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням засобів сучасних ІКТ, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам на різних етапах реалізації чисельних методів, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням засобів сучасних ІКТ (за потреби) для досягнення якомога кращого результату



До компетенцій в інформаційно-комунікаційних технологіях входять базові знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій; навички використання програмних засобів і навички роботи в комп'ютерних мережах, системах передавання даних, уміння створювати бази даних і використовувати Інтернет-ресурси; уміння використовувати системи програмування, математичні пакети, бібліотеки підпрограм, тощо. Критерії оцінювання компетентності в інформаційно-комунікаційних технологіях подано у табл. 1.5.

Таблиця 1.5

**Критерії оцінювання компетентності в інформаційно-комунікаційних технологіях**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не має уявлення про основні моделі та методи подання, передавання та опрацювання відомостей	має базові уявлення про основні моделі та методи подання, передавання та опрацювання відомостей засобами інформаційно-комунікаційних технологій	має базові знання інформаційно-комунікаційні технології, принципи використання прикладного програмного забезпечення, способи доступу до Інтернет-ресурсів, мови та середовища програмування	має базові знання про моделі та методи інформатики, загальні принципи використання системного і прикладного програмного забезпечення та Інтернет-ресурсів, мови програмування
<b>П</b>	не володіє методами інформатики та засобами інформаційно-комунікаційних технологій	володіє несистемними навичками використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій у повсякденному житті	вміє використовувати засоби для роботи в комп'ютерних мережах, системи управління базами даних, математичні пакети та стандартне прикладне програмне забезпечення	має розвинені навички використання програмних засобів і роботи в комп'ютерних мережах, системах передавання даних, створює бази даних та Інтернет-ресурси; використовує системи програмування, математичні пакети, бібліотеки підпрограм для реалізації навчальних задач
<b>А</b>	не розуміє значущості інформаційно-комунікаційних технологій у навчальній й професійній діяльності та не має зацікавленості	розуміє значущість засобів інформаційно-комунікаційних технологій у повсякденному житті, не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість використання інформаційно-комунікаційних технологій, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	усвідомлює роль інформаційно-комунікаційних технологій в різних сферах людської діяльності, універсальність її методів, має впевненість у тому, що

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
	в їх використанні	у подальшій професійній діяльності		ці знання та вміння знадобляться у подальшій професійній діяльності, налаштований на якомога краще їх опанування
<b>С</b>	використовує інформаційно-комунікаційні технології лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги в використанні інформаційно-комунікаційних технологій, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі використання інформаційно-комунікаційних технологій, сам звертається за допомогою (у тому числі засобами ІКТ), коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі використання інформаційно-комунікаційних технологій (у тому числі розподіленого) для досягнення якомога кращого результату

До компетенцій у фундаментальних науках входять базові знання фундаментальних розділів природничих наук та математики в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом електромеханічної галузі знань; уміння використовувати математичні методи та методи природничих наук у дослідницькій та прикладній професійній діяльності. Критерії оцінювання компетентності у фундаментальних науках подано у табл. 1.6.

Таблиця 1.6

### Критерії оцінювання компетентності у фундаментальних науках

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	має уявлення про природні явища, не володіє математичним апаратом електромеханічної галузі знань	знає елементи математичного апарату електромеханічної галузі знань	знає фундаментальні розділи фізики, хімії та математики в обсязі, необхідному для оволодіння математичним апаратом електромеханічної галузі знань	знає фундаментальні розділи фізики та математики, основи неорганічної хімії та початки фізичної географії, необхідні для моделювання електромеханічних об'єктів та теплових процесів у них
<b>П</b>	не використовує математичний апарат електромеханічної галузі знань у дослідницькій та прикладній професійній діяльності	за допомоги викладача використовує окремі математичні методи у навчальній діяльності	застосовує математичний апарат електромеханічної галузі знань у навчальній та прикладній професійній діяльності	уміє використовувати математичний апарат природничих наук та електромеханічної галузі знань у дослідницькій та прикладній професійній діяльності
<b>А</b>	не розуміє значущості природничих	розуміє значущість природничих наук	розуміє важливість використання фунда-	розуміє важливість використання фундамен-

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
	та фундаментальних наук у математичному моделюванні та не має зацікавленості в їх використанні	та математики, не зацікавлений в їх використанні в подальшій професійній діяльності	ментальних розділів природничих наук та математики у професійній діяльності, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	тальних розділів природничих наук та математики у дослідницькій та прикладній професійній діяльності, мотивований до їх використання, налаштований на якомога краще їх опанування
<b>С</b>	використовує математичні методи та методи природничих наук у самостійній квазіпрофесійній діяльності лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за допомогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при використанні математичних методів та методів природничих наук у квазіпрофесійній діяльності	надає допомогу товаришам у процесі дослідницької та прикладної квазіпрофесійної діяльності з використанням математичних методів та методів природничих наук, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі дослідницької та прикладної квазіпрофесійної діяльності з використанням математичних методів та методів природничих наук

*Компетенцію із застосування різних способів подання моделей* визначимо як здатність до побудови комп'ютерних математичних та імітаційних моделей, їх алгоритмічного та структурного опису, добору адекватних способу подання засобів комп'ютерного моделювання. Критерії оцінювання компетентності із застосування різних способів подання моделей подано у табл. 1.7.

Таблиця 1.7

### **Критерії оцінювання компетентності із застосування різних способів подання моделей**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>Високий</b>
<b>К</b>	не знає методи побудови комп'ютерних математичних та імітаційних моделей	знає методи побудови комп'ютерних імітаційних моделей	знає методи побудови комп'ютерних математичних та імітаційних моделей, способи їх подання	знає методи побудови комп'ютерних математичних та імітаційних моделей, принципи добору адекватних способу подання засобів комп'ютерного моделювання
<b>П</b>	не вміє структурно та алгоритмічно описати комп'ютерну математичну або імітаційну модель	використовує вказані викладачем способи подання моделей	вміє добирати структурний та алгоритмічний опис комп'ютерних математичних та іміта-	структурно та алгоритмічно описує математичну модель, обирає оптимальний спосіб подання моделі та засо-

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>Високий</b>
			ційних моделей, по- слуговуватись засо- бами моделювання	би комп'ютерного мо- делювання
<b>A</b>	не розуміє значу- щості використання різних способів по- дання моделей, інди- ферентний до про- понованого способу подання	розуміє значущість різних способів по- дання моделей, не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість використання різ- них способів подан- ня моделей, на ви- могу викладача пе- реходить від аналі- тичного до струк- турного подання моделі	розуміє важливість ви- користання різних спо- собів подання моделей, переходить від аналі- тичного до структурно- го подання моделі для підвищення зручності моделювання
<b>C</b>	використовує різні способи подання мо- делей лише після безпосередньої, ад- ресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одно- групниками за вимо- гою викладача, не пропонує й не про- сить допомоги при використанні різних способів подання мо- делей, навіть коли її потребує	надає допомогу то- варишам у процесі використання різ- них способів подан- ня моделей, перехо- ду від аналітичного до структурного по- дання, за потребою сам звертається за допомогою	вміє розподіляти обо- в'язки в процесі вико- ристання різних спосо- бів подання моделей для досягнення якомо- га кращого результату

Зміст *компетенції із критичного мислення* складають знання та уміння постановки завдання з недостатньою кількістю вхідних даних, аналізу наявності способів і засобів виконання завдання, оцінювання власної готовності до розв'язування задачі, самостійного пошуку відсутніх даних та способів розв'язування задачі; уміння здійснювати контроль власної діяльності – як розумової, так і практичної; уміння контролювати логіку розгортання власних думок; уміння визначати послідовність та ієрархію етапів діяльності, тощо. Критерії оцінювання компетентності з критичного мислення подано у табл. 1.8.

Таблиця 1.8

### Критерії оцінювання компетентності з критичного мислення

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>K</b>	не знає способи роз- в'язання задач із не- достатніми умовами та стратегії прийняття правильних рішень на основі аналізу та опра- цювання відомостей,	має поверхове уяв- лення про способи розв'язання задач із недостатніми умова- ми, знає окремі стра- тегії прийняття пра- вильних рішень на	знає основні спо- способи розв'язання задач із недостат- німи умовами, стратегії прий- няття правильних рішень на основі	знає способи розв'язан- ня задач із недостатні- ми умовами, стратегії прийняття правильних рішень на основі аналі- зу та опрацювання ві- домостей, що відно-

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
	що відносяться до розв'язуваної задачі	основі аналізу та опрацювання відомостей, що відносяться до розв'язуваної задачі	аналізу та опрацювання відомостей, що відносяться до розв'язуваної задачі	сяться до розв'язуваної задачі
<b>П</b>	не вміє поставити та розв'язати завдання з недостатньою кількістю вхідних даних, здійснювати рефлексію діяльності (власної та сторонньої), контролювати логіку розгортання власних думок, визначати послідовність та ієрархію етапів діяльності	за безпосередньої допомоги викладача розв'язує окремі типи завдань із недостатньою кількістю вхідних даних	вміє розв'язати завдання з недостатньою кількістю вхідних даних, володіє основними навичками самоконтролю розумової та практичної діяльності	вміє здобувати й опрацьовувати відомості, використовувати їх для розв'язання поставлених задач, здійснювати рефлексивні дії (аналітичні, контрольні, оцінні) стосовно будь-якого об'єкта чи явища, зокрема і власного процесу мислення
<b>А</b>	не розуміє значущості критичного мислення у моделюванні технічних об'єктів та не має зацікавленості в його використанні	розуміє значущість окремих складових критичного мислення, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість критичного мислення, мотивований до його використання у професійній діяльності	розуміє важливість критичного мислення, мотивований до його використання у навчальній та професійній діяльності
<b>С</b>	не надає допомогу товаришам та сам не звертається за допомогою у процесі розв'язання завдань із недостатньою кількістю вхідних даних	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги у розв'язанні завдань із недостатньою кількістю вхідних даних, навіть коли їй потребує	надає допомогу товаришам у процесі розв'язання недовизначених задач, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє організувати колективну роботу із здобування та опрацювання відомостей, необхідних для розв'язання недовизначених задач, розподіляти обов'язки та узагальнювати результати аналітичних, контрольних та оцінних дій для досягнення якомога кращого результату

*Компетенція із розв'язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій* включає знання в галузі обчислювальної техніки та програмування, уміння створювати прикладне програмне забезпечення, володіння навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки.

Критерії оцінювання компетентності із розв'язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій подано у табл. 1.9.

Таблиця 1.9

**Критерії оцінювання компетентності із розв'язання професійних задач  
засобами інформаційно-комунікаційних технологій**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не знає мови та середовища програмування, методи розробки програмного забезпечення та засоби ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	знає засоби ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	знає мови та середовища програмування, засоби ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	знає мови та середовища програмування, методи розробки програмного забезпечення, засоби ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки
<b>П</b>	не уміє створювати прикладне програмне забезпечення, не володіє навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	володіє навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	уміє створювати прикладне програмне забезпечення, володіє навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки	уміє створювати прикладне програмне забезпечення з використанням відповідних методів його розробки, володіє навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки
<b>А</b>	не розуміє значущості розв'язання професійних задач засобами ІКТ та не має зацікавленості в їх використанні	розуміє значущість розв'язання професійних задач засобами ІКТ, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість розв'язання професійних задач засобами ІКТ, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	розуміє важливість розв'язання професійних задач засобами ІКТ, мотивований до використання знань в галузі обчислювальної техніки та програмування у подальшій професійній діяльності
<b>С</b>	використовує розв'язання задач засобами ІКТ лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги у процесі розв'язання професійних задач засобами ІКТ, навіть за потреби	надає допомогу товаришам у процесі використання засобів ІКТ у розв'язанні професійних задач	вміє розподіляти обов'язки в процесі розробки програмного забезпечення для розв'язання професійних задач

*Компетенції в електричних машинах* включають знання будови та принципів функціонування електричних машин, зокрема: процесів перетворення енергії (електромагнітних та електромеханічних), особливості характеристик окремих видів електричних машин, будову асинхронних машин, синхронних машин, машин постійного струму, трансформаторів; уміння розраховувати параметри та характеристики електричних машин.

Критерії оцінювання компетентності у електричних машинах подано у табл. 1.10.

Таблиця 1.10

### Критерії оцінювання компетентності у електричних машинах

	несформовано	низький	середній	високий
<b>К</b>	не знає будову та принципи функціонування електричних машин	має несистемні знання про будову та принципи функціонування електричних машин	знає будову та загальні принципи функціонування електричних машин	знає процеси перетворення енергії, особливості характеристик окремих видів електричних машин, будову асинхронних машин, синхронних машин, машин постійного струму, трансформаторів
<b>П</b>	не уміє розраховувати параметри та характеристики електричних машин	уміє розраховувати деякі параметри електричних машин	уміє розраховувати параметри електричних машин	уміє розраховувати параметри та характеристики електричних машин
<b>А</b>	не розуміє значущості знань та умінь у галузі електричних машин та не має зацікавленості в їх використанні	розуміє значущість знань у галузі електричних машин, але не має зацікавленості в їх використанні у навчальній діяльності	розуміє важливість знань та умінь у галузі електричних машин, мотивований до їх використання у професійній діяльності	розуміє важливість знань та умінь у галузі електричних машин, мотивований до їх використання у навчальній та подальшій професійній діяльності
<b>С</b>	використовує знання та уміння у галузі електричних машин лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при розрахунку параметрів та характеристики електричних машин навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі розрахунку параметрів та характеристик електричних машин, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі розрахунку параметрів та визначення характеристик електричних машин для досягнення якомога кращого результату

*Компетенції у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них* включають знання форм математичного опису сталих режимів електроенергетичних систем, особливості використання методів розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики; навички практичного розрахунку стаціонарних режимів для найпростіших схем енергосистем.

Критерії оцінювання компетентності у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них подано у табл. 1.11.

Таблиця 1.11

**Критерії оцінювання компетентності у моделюванні  
електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не знає форми математичного опису сталих режимів електроенергетичних систем, особливості використання методів розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики	має несистемні знання з моделювання електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них	знає форми математичного опису сталих режимів електроенергетичних систем	знає форми математичного опису сталих режимів електроенергетичних систем, особливості використання методів розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики
<b>П</b>	не вміє використовувати методи розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики, не має навичок практичного розрахунку стаціонарних режимів для найпростіших схем енергосистем	може виконати розрахунок стаціонарних режимів для найпростіших схем енергосистем за прикладом	використовує методи розв'язання оптимізаційних задач електроенергетики, має навички практичного розрахунку стаціонарних режимів для найпростіших схем енергосистем	вміє використовувати методи розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики, має навички практичного розрахунку стаціонарних режимів для схем енергосистем
<b>А</b>	не розуміє значущості моделювання електроенергетичних об'єктів і процесів у них та не має зацікавленості в їх використанні	розуміє значущість моделювання електроенергетичних об'єктів та процесів у них, але не має зацікавленості в їх використанні у навчальній та подальшій професійній діяльності	розуміє важливість моделювання електроенергетичних об'єктів, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	розуміє важливість методів математичного моделювання електроенергетичних об'єктів та процесів у них, мотивований до їх використання у навчальній діяльності, має впевненість у тому, що це знадобиться у подальшій професійній діяльності
<b>С</b>	використовує методи математичного моделювання електроенергетичних об'єктів та процесів у них лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при використанні методів розв'язання та аналізу оптимізаційних задач електроенергетики, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі математичного моделювання електроенергетичних об'єктів, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки при моделюванні електроенергетичних об'єктів та процесів у них

*Компетенції з аналізу процесів в енергетичному обладнанні включають*



знання про будову та функціонування електроенергетичного обладнання (трансформаторів, генераторів, двигунів), уміння застосування методів системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання.

Критерії оцінювання компетентності з аналізу процесів в енергетичному обладнанні подано у табл. 1.12.

Таблиця 1.12

**Критерії оцінювання компетентності з аналізу процесів в енергетичному обладнанні**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не має знань про будову та функціонування трансформаторів, генераторів, двигунів	має несистемні знання про будову та функціонування електроенергетичного обладнання	знає будову та загальні принципи функціонування електроенергетичного обладнання	має системні знання про будову та функціонування трансформаторів, генераторів, двигунів
<b>П</b>	не вміє застосовувати методи системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання	застосовує елементи системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання	застосовує стандартні алгоритми системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання	застосовує методи системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання
<b>А</b>	не розуміє значущості процесів в енергетичному обладнанні та не має зацікавленості в їх аналізі	розуміє значущість аналізу процесів в енергетичному обладнанні, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість аналізу процесів в енергетичному обладнанні, мотивований до використання у навчальній діяльності	розуміє важливість системного аналізу процесів в енергетичному обладнанні, мотивований до використання у навчальній діяльності, має впевненість у тому, що це знадобиться у подальшій професійній діяльності
<b>С</b>	застосовує методи системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за допомогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при аналізі процесів в енергетичному обладнанні, навіть коли їй потрібно	надає допомогу товаришам у процесі системного аналізу процесів в енергетичному обладнанні, сам звертається за допомогою коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі застосування методів системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання з метою досягнення якомога кращого результату

*Компетенції у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем* включають знання, уміння й навички в галузі теорії й практики функціонування електричних станцій, мереж, систем автоматичного керування для управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, зокрема знання принципів організації та архітектуру автоматичних і автоматизованих систем контролю і управління для об'єктів і процесів галузі, основні принципи та концепції побудови систем автоматичного регулювання та керування, математичний апарат теорії автоматичного керування, методи аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та керування, володіння методами раціонального вибору засобів управління, здійснювати параметричну оптимізацію регулюючих і керуючих пристроїв, синтезувати закони і алгоритми оптимального управління об'єктами.

Критерії оцінювання компетентності у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем подано у табл. 1.13.

*Таблиця 1.13*

**Критерії оцінювання компетентності у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не знає теоретичних основ прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем	має несистемні знання про принципи архітектуру систем автоматизованого управління та уявлення про методи аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та керування	знає принципи організації систем автоматизованого управління для об'єктів і процесів галузі, основи побудови систем автоматичного регулювання та керування, методи аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та керування	знає принципи організації та архітектуру систем автоматизованого управління для об'єктів і процесів галузі, основні принципи та концепції побудови систем автоматичного регулювання та керування, математичний апарат теорії автоматичного керування, методи аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та керування
<b>П</b>	не володіє методами раціонального вибору засобів управління, не вміє здійснювати параметричну оптиміза-	володіє методами вибору засобів управління	володіє методами раціонального вибору засобів управління, вміє здійснювати парамет-	володіє методами раціонального вибору засобів управління, вміє здійснювати параметричну оптимізацію регу-

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
	цію регулюючих і керуючих пристроїв, синтезувати закони і алгоритми оптимального управління об'єктами		ричну оптимізацію регулюючих і керуючих пристроїв	люючих і керуючих пристроїв, синтезувати закони і алгоритми оптимального управління об'єктами
<b>A</b>	не розуміє значущості знань і умінь у галузі системи прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем та не має зацікавленості в його використанні	розуміє значущість знань і умінь у галузі управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість використання знань і умінь з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, мотивований до використання у навчальній діяльності	розуміє важливість використання знань і умінь у галузі прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, мотивований до використання у навчальній діяльності, має впевненість у тому, що це знадобиться у подальшій професійній діяльності
<b>C</b>	використовує знання і уміння у галузі прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за допомогою викладача, не пропонує й не просить допомоги у використанні знань і умінь у галузі прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі використання знань і умінь у галузі системи прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, допомагає, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі прийняття рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем для досягнення якомога кращого результату

*Компетенції у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах* включають знання теоретичних основ електротехніки, володіння методами розрахунку усталених режимів роботи, уміння застосування методів системного аналізу для попередження та ліквідації аварій.

Критерії оцінювання компетентності у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах подано у табл. 1.14.

Таблиця 1.14

**Критерії оцінювання компетентності у застосовуванні результатів  
аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження  
та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не володіє теоретичними основами електротехніки	не має системних знань з теоретичних основ електротехніки	знає окремі розділи теоретичних основ електротехніки	має системні знання з теоретичних основ електротехніки
<b>П</b>	не володіє методами розрахунку усталених режимів роботи, не вміє застосовувати методи системного аналізу для попередження та ліквідації аварій	здатен розрахувати окремі усталені режими роботи	володіє методами розрахунку усталених режимів роботи	володіє методами розрахунку усталених режимів роботи, вміє застосувати методи системного аналізу для попередження та ліквідації аварій
<b>А</b>	не розуміє значущості застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах та не має зацікавленості в його використанні	розуміє значущість застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах, мотивований до використання у навчальній діяльності	розуміє важливість застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах, мотивований до використання у навчальній діяльності, має впевненість у тому, що це знадобиться у подальшій професійній діяльності
<b>С</b>	використовує результати аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при застосуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі застосування результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах для досягнення якомога кращого результату

*Компетенції у моделюванні електромеханічних систем* включають в себе знання методів математичного опису типових блоків електромеханічних систем (електричних машин, силових перетворювачів, елементів систем керування, елементів механічних нелінійностей), уміння вибору системи моделювання та чисельних методів, способу подання комп'ютерної моделі, урахування обмежень, аналізу та інтерпретації результатів моделювання.

Критерії оцінювання компетентності у моделюванні електромеханічних систем подано у табл. 1.15.

*Таблиця 1.15*

**Критерії оцінювання компетентності у моделюванні електромеханічних систем**

	<b>несформовано</b>	<b>низький</b>	<b>середній</b>	<b>високий</b>
<b>К</b>	не знає методи математичного опису типових блоків електромеханічних систем	має уявлення про методи математичного опису електромеханічних систем	знає методи математичного опису окремих типових блоків електромеханічних систем	знає методи математичного опису типових блоків електромеханічних систем
<b>П</b>	не вміє обрати систему моделювання та чисельні методи, спосіб подання комп'ютерної моделі, урахувати обмеження, проаналізувати та інтерпретувати результати моделювання	володіє окремими елементами моделювання електромеханічних систем	уміє обрати систему моделювання та чисельні методи, спосіб подання комп'ютерної моделі, отримати результати моделювання	уміє обрати систему моделювання та чисельні методи, спосіб подання комп'ютерної моделі, урахувати обмеження, проаналізувати та інтерпретувати результати моделювання
<b>А</b>	не розуміє значущості моделювання електромеханічних систем та не має зацікавленості в його використанні	розуміє значущість моделювання електромеханічних систем, але не має зацікавленості в їх використанні	розуміє важливість моделювання електромеханічних систем, мотивований до використання у навчальній діяльності	розуміє важливість моделювання електромеханічних систем, мотивований до використання у навчальній та професійній діяльності
<b>С</b>	виконує дії з моделювання електромеханічних систем лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги викладача	взаємодіє з одногрупниками за вимогою викладача, не пропонує й не просить допомоги при моделюванні електромеханічних систем, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам у процесі моделювання електромеханічних систем, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі моделювання електромеханічних систем для досягнення якомога кращого результату

Використовуючи визначені у таблицях 1.4-1.15 критерії оцінювання кожної із компетенцій, можна визначити інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

### **1.3 Мобільні інтернет-пристрої як засіб навчання**

#### *1.3.1 Поняття про мобільний інтернет-пристрій*

«Великий тлумачний словник сучасної української мови» визначає «мобільний» як «1. Здатний до швидкого пересування; рухливий. 2. Здатний швидко орієнтуватися в ситуації, знаходити потрібні форми діяльності» [103, с. 682]. «Рухливий» потрактовано як «1. Який перебуває у русі. // Здатний до руху. // Який рухається завдяки свої будові (про пристрій, механізм і т. ін.). 2. Повний життєвої сили, енергії, зі швидкими, легкими рухами; жвавий. // Який легко переходить у рух (про частини тіла). // Який часто змінює свій вираз (про обличчя). // Діяльнісний, енергійний (про характер, склад розуму). 3. Який розвивається, змінюється» [103, с. 1280].

Відповідно до словника, мобільність пристроїв забезпечується обмеженими здатностями:

а) до перебування у русі (пристрій не рухається самостійно, а переноситься людиною);

б) до розвитку та зміни (змінюється лише програмне забезпечення, а апаратне залишається незмінним).

За визначенням ЮНЕСКО, мобільний пристрій є цифровим, він легко переноситься, як правило, належить і контролюється індивідом, а не установою, може отримати доступ до Інтернет, має мультимедійні можливості, і може сприяти виконанню великої кількості завдань, зокрема, пов'язаних з комунікацією [80, с. 6].

Найчастіше мобільність інтернет-пристрою пов'язується із здатністю людини до його переміщення у просторі без втрати доступу до послуг

Інтернет. В. Ю. Биков наголошує, що сам мобільний пристрій, «як фізичний об'єкт неживої природи, звісно, не є і не може бути мобільним. Мобільним може бути лише Інтернет-користувач», оснащений ним [100, с. 23].

Автори [205] під *мобільністю апаратних засобів* розуміють можливість їх руху у просторі за умови, що отримувані від такого руху переваги вище, ніж затрати на його забезпечення. При орієнтації на *результат* руху апаратний засіб вважається мобільним, якщо одноразові витрати на його перенесення перебиваються перевагами його постійного використання у новому місці (такий підхід до визначення мобільності апаратних засобів відповідає географічній мобільності). При орієнтації на *процес руху* апаратний засіб вважається мобільним, якщо витрати на його рух перебиваються перевагами від його використання у процесі руху.

Саме процесний підхід до визначення мобільності апаратних засобів сьогодні є найбільш поширеним, тому автори [205] вводять *характеристику апаратної мобільності* як співвідношення часу використання пристрою у процесі руху до часу руху. Даний показник буде вище для апаратного засобу, який легко переноситься (можна частіше використовувати під час руху, ніж між рухами), споживає мало енергії (можна довше використовувати під час руху) та є ергономічним (можна легше використовувати від час руху).

Уперше клас мобільних інтернет-пристроїв (Mobile Internet devices – MID) був представлений у 2007 році в статті Д. Чінга (David Chieng) [15]. Основними вимогами до таких пристроїв автор визначає відносно великий екран, пристойний термін роботи від акумулятора та можливість під'єднання до Інтернет. Більш конкретні вимоги до мобільних інтернет-пристроїв визначають фахівці Intel, які навесні 2007 року розмежували MID та UMPC (Ultra-mobile personal computer – ультрамобільний ПК) за призначенням: MID позиціонується як комунікаційно-розважальний пристрій, а UMPC – як пристрій для роботи та освіти [15, с. 107]. Починаючи з 2007 року, Intel оприлюднює власні специфікації для MID, незмінним у яких залишається підтримка бездротових мереж та наявність процесору сімейства Atom з

інтегрованою графічною підсистемою.

Сьогодні границя між MID та UMPC (який у 2006 році також був уведений як спільна для Intel та Microsoft специфікація) відсутня, тому що мобільні інтернет-пристрої розглядаються як мультимедійні мобільні пристрої, що надають бездротовий доступ до Інтернет та можуть бути використані для доступу до інформаційних та розважальних послуг (у тому числі тих, що базуються на геопозиціонуванні) для особистого та службового використання. Починаючи з 2012 року, термін «мобільний інтернет-пристрій» використовується для позначення широкого спектру пристроїв – від смартфонів до планшетних комп'ютерів, що суттєво різняться за розміром екрану та роздільною здатністю.

Надалі під **мобільним інтернет-пристроєм** будемо розуміти *мультимедійний мобільний пристрій, що надає бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних Інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних.*

Згідно даного визначення, класифікацію мобільних інтернет-пристроїв будемо проводити за критеріями надання користувачу можливостей:

- бездротового доступу до послуг Інтернет (підтримка мобільного та бездротового доступу);
- мультимедійного подання відомостей (роздільна здатність екрану, підтримка звуку та відео);
- опрацювання даних (операційна система, прикладне програмне забезпечення);
- зберігання даних (обсяг убудованої енергонезалежної пам'яті);
- передавання даних (комунікаційні засоби, засоби геопозиціонування);
- збирання та систематизації даних (обсяг оперативної пам'яті, засоби введення та виведення);
- мобільності пристрою (вага, розміри, час автономної роботи).

*Мобільний доступ до Інтернет* забезпечується за допомогою



мобільного зв'язку – електровз'язку із застосуванням радіотехнологій, під час якого кінцеве обладнання хоча б одного із споживачів може вільно переміщатися в межах усіх пунктів закінчення телекомунікаційної мережі, зберігаючи єдиний унікальний ідентифікаційний номер мобільної станції [186]. Закон України «Про телекомунікації» аналогічно визначає поняття безпроводового доступу до телекомунікаційної мережі (безпроводового доступу, який надалі називатимемо бездротовим). Сучасні мобільні інтернет-пристрої, як правило, підтримують стандарти швидкісного передавання даних 3G (UMTS, CDMA2000, HSPA, HSPA+, LTE, Mobile WiMAX) та 4G (LTE Advanced, WiMAX), проте користування послугою швидкісного Інтернет-доступу можливо лише за умови надання її оператором мобільного зв'язку. Альтернативним є користування стандартами 2G (GSM, HSCSD GPRS, EDGE/EGPRS), що характеризуються низькими витратами на доступ до Інтернет середньої та низької швидкості.

Це надає можливість класифікувати мобільні інтернет-пристрої за швидкістю мобільного доступу: низькошвидкісний мобільний доступ (стандарти 2G), високошвидкісний мобільний доступ (стандарти 3G), бездротовий WiFi-доступ (стандарти IEEE 802.11).

*Мультимедійне подання відомостей* засобами аудіо та відео підтримують усі сучасні мобільні інтернет-пристрої, тому класифікацію доцільно проводити за роздільною здатністю екрану: низькою (VGA – 640x480 та менше), середньою (більше, ніж VGA, але менше, ніж HD 720 – 1280x720), високою (більше, ніж HD 720).

Засоби *опрацювання даних* визначаються, в першу чергу, операційною системою мобільного інтернет-пристрою, які можна класифікувати за використовуваним ядром: Linux (Android, SHR тощо), XNU (iOS), QNX (BlackBerry 10), Windows (Windows 10 Mobile). Вибір операційної системи у більшості випадків визначає доступ до репозитарію прикладного програмного забезпечення або платформи цифрової дистрибуції. Найбільший вибір прикладного програмного забезпечення надають Google Play (більше

1,5 млн. програм на вересень 2014 року) та Amazon Appstore (більше 330 тис. програм на березень 2015 року) для операційної системи Android, App Store для iOS (більше 1,4 млн. програм на січень 2015 року), Windows Store (більш ніж 660 тис. програм на вересень 2015 року) для Windows 10 Mobile, BlackBerry World для BlackBerry 10 (більш ніж 260 тис. програм на січень 2016 року).

Незважаючи на те, що більшість мобільних інтернет-пристроїв підтримують можливість *зберігання даних* на картах пам'яті, обсяг убудованої енергонезалежної пам'яті є важливою характеристикою пристрою: ряд мобільних операційних систем не надають можливість зберігання програмного забезпечення на картах пам'яті.

Для *передавання даних* у мобільних інтернет-пристроях найчастіше використовуються канали мобільного та бездротового Інтернет-зв'язку. Крім них, можливе використання локальних каналів передавання даних: радіо (Bluetooth) та оптичних у видимому (Li-Fi) та інфрачервоному (IrDA) спектрах. Якщо вибір даних для передавання залежить від місцезнаходження мобільного інтернет-пристрою, необхідними є засоби геопозиціонування. До традиційних засобів визначення місцезнаходження мобільного інтернет-пристрою відносяться: використання засобів мобільної мережі, використання апаратних засобів доступу до систем супутникової навігації, використання засобів Wi-Fi-позиціонування.

Для *збирання та систематизації даних* важливими показниками є обсяг оперативної пам'яті та наявні засоби введення та виведення. Сучасні мобільні інтернет-пристрої мають достатній обсяг оперативної пам'яті для комфортної роботи з даними. Комбінованим засобом уведення та виведення є сенсорні екрани, класифікацію яких доцільно проводити за використаною технологією сенсорного екрану: резистивний екран (характеризується більш значним зусиллям при натисканні та відсутністю багатопальцевого натискання) та емнісний екран (характеризується незначним зусиллям при натисканні та можливістю багатопальцевого уведення). Також засобами

введення є мікрофон та камера; до засобів виведення відносяться гучномовець та навушники (за наявності). Додаткові засоби введення та виведення підключаються до мобільного інтернет-пристрою за допомогою провідних (насамперед USB) та безпроводних (насамперед Bluetooth та Wi-Fi) інтерфейсів.

*Мобільність пристрою* залежить від його ваги, габаритів та часу автономної роботи. За ступенем мобільності доцільно розділити пристрої на високомобільні, середньомобільні та низькомобільні. Характеристикою високомобільних інтернет-пристроїв є мала вага (до 250 грам) та значний час автономної роботи (до декількох діб). До таких пристроїв належать, насамперед, смартфони з діагоналлю екрану до 5,5 дюймів – збільшення розміру екрану призводить до збільшення ваги так само, як і збільшення часу автономної роботи (за рахунок збільшення ваги акумулятора). До середньомобільних інтернет-пристроїв (таких, що потребують незначних зусиль при переміщенні) відносяться пристрої різної ваги середніх габаритів (з діагоналлю екрану до 10 дюймів) – наприклад, планшетні комп'ютери (Tablet PC) з часом автономної роботи до 10 годин. Низькомобільні інтернет-пристрої потребують більш значних зусиль для переміщення у зв'язку із великою вагою або незручністю перенесення без додаткового обладнання як то кофри, чохли тощо. До низькомобільних інтернет-пристроїв відносяться, зокрема, планшетні комп'ютери з клавіатурою та діагоналлю від 10 дюймів.

Приклад використання розробленої класифікації мобільних інтернет-пристроїв подано в табл. 1.16.

Відповідно до табл. 1.16, найбільша різниця між пристроями з різним ступенем мобільності – за вагою (до 17 разів) та за площею екрану (до 12 разів). На думку В. Ю. Бикова, перспективним шляхом нівелювання різниці в оснащенні різних мобільних інтернет-пристроїв є розвиток хмарної інфраструктури: «у найближчій перспективі вага і вартість МІП [мобільних інтернет-пристроїв] мають бути суттєво знижені без втрати, навіть підвищення функціональності МІП щодо забезпечення ефективної ІК-

діяльності користувачів» [100, с. 28].

Таблиця 1.16

**Характеристика деяких поширених в Україні мобільних інтернет-пристроїв**

<b>Характеристика</b>	<b>Samsung Galaxy Core Prime</b>	<b>Lenovo TAB 2 A7-30F</b>	<b>Asus X553MA</b>
Швидкість мобільного доступу	низькошвидкісний (GSM), високошвидкісний (UMTS), бездротовий (802.11 b/g/n)	бездротовий (802.11 b/g/n)	бездротовий (802.11 b/g/n)
Роздільна здатність екрану	середня (WVGA – 480x800)	середня (1024x600)	висока (WXGA HD – 1366x768)
Операційна система	Android	Android	Windows
Обсяг убудованої енергонезалежної пам'яті	8 Гб	16 Гб	500 Гб
Локальні канали передавання даних	Bluetooth v4.0	Bluetooth v4.0	Bluetooth v4.0
Засоби геопозиціонування	GPS, ГЛОНАСС, Beidou	GPS	–
Обсяг оперативної пам'яті	1 Гб	1 Гб	2 Гб
Технологія сенсорного екрану	ємнісний	ємнісний	–
Вага	130 г	269 г	2200 г
Діагональ екрану	4,5 дюйми	7 дюймів	15,6 дюймів
Час автономної роботи у мережі Інтернет	до 9 годин	до 6 годин	до 10 годин
<i>Ступінь мобільності</i>	<i>високомобільний</i>	<i>середньомобільний</i>	<i>низькомобільний</i>

Характеризуючи мобільні інтернет-пристрої, В. Ю. Биков вводить поняття загального простору Інтернет-діяльності користувача, виділяючи у ньому підпростір Інтернет-доступності користувача (Інтернет-простір користувача), перебуваючи або переміщаючись з одного в інше місце в межах якого Інтернет-користувач може за певних умов (зокрема, використовуючи засіб Інтернет-доступу за наявності покриття простору Інтернет-сигналом) здійснювати інформаційно-комунікаційну діяльність [100, с. 14].

Простір Інтернет-доступності автор характеризує у термінах щільності (зокрема, оснащеності мобільними інтернет-пристроями) та різноманітності

(зокрема, за ступенем мобільності пристроїв) [100, с. 16-18].

Дослідник пропонує класифікувати засоби Інтернет-доступу за готовністю до Інтернет-застосування, за форм-фактором конструктивного виконання, за придатністю до переміщення тощо. Так, за ступенем придатності (приспосованості) засобів Інтернет-доступу до переміщення В. Ю. Биков поділяє їх на переносні (мобільні), пересувні та стаціонарні [100, с. 21-22]:

– переносний засіб Інтернет-доступу – пристрій індивідуального використання, форм-фактор якого (передусім, вимоги щодо масогабаритних та енергетичних параметрів пристрою) передбачає можливість для Інтернет-користувача переносити і використовувати такий пристрій в процесі здійснення власної ІК-діяльності;

– пересувний засіб Інтернет-доступу – пристрій як індивідуального, так і колективного використання, форм-фактор якого передбачає приспосованість такого пристрою до переміщення, в тому числі у простір Інтернет-доступності. Такі засоби можуть потребувати для свого переміщення транспортних засобів (звичайних або спеціальних), а для придатності використання – також спеціальних засобів фіксації робочого положення. Це пристрої, що, окрім іншого, обов'язково має у своєму складі вхідні Інтернет-порти та інші комп'ютерні компоненти для опрацювання електронних даних;

– стаціонарний засіб Інтернет-доступу – пристрій як індивідуального, так і колективного використання, форм-фактор якого передбачає, що такий пристрій не змінює свого географічного розташування протягом тривалого часу і не приспосований до переміщення, в тому числі у простір Інтернет-доступності. Для забезпечення придатності використання такі засоби можуть потребувати спеціальних засобів фіксації робочого положення. Вони розміщуються як у різних за призначенням приміщеннях, так і поза ними (встановлюється за допомогою спеціальних постаментів на вулицях, площах, на зовнішніх і внутрішніх стінах будинків та ін.). Як і у випадку пересувних

засобів Інтернет-доступу, стаціонарні обов'язково мають у своєму складі вхідні Інтернет-порти та інші комп'ютерні компоненти для опрацювання електронних даних.

При використанні мобільних інтернет-пристроїв забезпечення необхідної насиченості простору Інтернет-доступності досягається лише за умови 100 % оснащентості користувачів ними – такий простір В. Ю. Биков називає мобільним. Мобільність простору одночасно визначається як рівнем Інтернет-доступності середовища (характеристиками техніко-технологічних умов забезпечення Інтернет-доступності простору – насиченості, складовими якої є щільність та різноманітність, і неперервності, складовими якої є територіальне і часове покриття Інтернет-сигналом), так і відповідними ІКТ-компетентностями Інтернет-користувача, що відображаються його характеристиками (властивостями). До останніх «варто, передусім, віднести таку особистісну характеристику Інтернет-користувача, як його навченість щодо ефективного використання ЗІД [засобів Інтернет-доступу] та Інтернет-технологій для здійснення ІК-діяльності в Інтернет-просторі (визначається сукупністю відповідних ІКТ-компетентностей користувача)» [100, с. 28] – мобільність Інтернет-користувача (мобільність користувача в просторі Інтернет-доступності).

Мобільний Інтернет-користувач на основі опанованих знань, умінь і навичок в ІКТ-сфері, сформованих відповідних ІКТ-компетентностей здійснює інформаційно-комунікаційну діяльність за допомогою засобів і технологій оточуючого його *мобільно орієнтованого середовища* – частини мобільного простору, комп'ютерно орієнтованого (комп'ютерно інтегрованого, персоніфікованого) відкритого середовища діяльності (освітньої, навчальної, управлінської та ін.) Інтернет-користувача, в якому створені необхідні і достатні умови для забезпечення його мобільності [100, с. 30]. Слід зазначити, що високий рівень мобільності Інтернет-користувача може бути досягнений і без використання мобільних інтернет-пристроїв (за умови насичення простору пересувними та стаціонарними інтернет-

пристроями).

### *1.3.2 Можливості використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні*

За висновком ЮНЕСКО, застосування мобільних технологій надає можливість суттєвого розширення та покращення можливостей для навчання, зокрема, у закладах вищої освіти [80, с. 5]. Так, за допомогою мобільних пристроїв ті, хто навчаються, можуть отримувати доступ до освітніх ресурсів, зв'язуватися з іншими або створювати пов'язані з навчанням матеріали як у навчальній аудиторії, так і за її межами. ЮНЕСКО розроблені рекомендації з використання мобільних технологій для організації навчального процесу незалежно від місця та часу, у яких визначено 13 основних переваг використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні [80, с. 10-26].

*І. Забезпечення рівного доступу до освіти.* У наші дні мобільні технології повсюдно використовуються навіть там, де не вистачає закладів освіти, книжок і комп'ютерів через зниження витрат на мобільний зв'язок. Зростаюче число проєктів свідчить про те, що мобільні технології є гарним засобом навчання для осіб, позбавлених можливості отримати якісну освіту.

Яскравим прикладом використання мобільних пристроїв у навчанні в Колумбії є проєкт BlueGénesis [14], розпочатий у 2006 році та спрямований на студентів, із мобільних пристроїв яких утруднений або неможливий доступ до Інтернет. У якості альтернативи пропонується використання Bluetooth із авторським програмним забезпеченням, що надає студентам та викладачам можливості обліку відвідуваності, онлайн-оцінювання, педагогічного спостереження, програмування та ведення журналу подій, консультаційних зауважень, призначення завдань для індивідуальної та групової роботи, проведення голосувань та опитувань, оцінювання якості роботи викладачів, адміністрації та персоналу, ведення навчального календарю, підтримки аудиторних проєктів, оцінювання конференцій та

виставок, поширення лекцій в аудіоформаті, масового розсилання відомостей, підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання випускників ЗВО.

На відміну від BlueGénesis, проєкт Aprendizaje Móvil [58], розпочатий у 2010 році, зосереджується саме на використанні мобільних інтернет-пристроїв студентами першого курсу для доступу до навчальних ресурсів, представлених на різних платформах: на навчальному порталі Red.UNID, у віртуальному навчальному середовищі Moodle, комунікаційній системі Live@Edu, соціальних мережах Facebook та Twitter, системі управління навчальним закладом Banner, університетському каналі на iTunes та ін.

На рис. 1.8 представлено модель використання мобільних інтернет-пристроїв, розроблену авторами проєкту А. Моліно та В. Чіріно.

Ці проєкти поліпшують ситуацію з точки зору рівності прав на отримання освіти за рахунок використання нових методів навчання і розширення можливостей у цій сфері. Завдяки використанню унікальних переваг мобільних пристроїв, ці проєкти не підміняють, а, скоріше, доповнюють існуючі освітні ресурси (підручники, інфраструктуру, обладнання, засоби підготовки і інформаційне забезпечення).

*II. Персоналізація навчання.* Мобільні пристрої, як правило, належать їхнім відповідним власникам, знаходяться в їх розпорядженні протягом усього дня і мають безліч функцій для налаштування. Саме тому мобільні технології забезпечують ширші можливості для персоналізації в порівнянні зі стаціонарними технологіями і технологіями обміну інформацією.

Залежно від навичок і знань користувача програмні засоби мобільних інтернет-пристроїв надають можливість вибирати складніші або простіші завдання. Такий підхід дозволяє усунути обмеження, з якими стикаються студенти, що мають більш високий або, навпаки, більш низький рівень знань у порівнянні з рештою групи. Хоча ці можливості були реалізовані на персональних комп'ютерах вже кілька років тому, їх використання мало серйозні обмеження: студенти не мали можливості вільно приносити



персональні комп'ютери в навчальний заклад, багато хто навіть не міг дозволити собі придбати подібний пристрій, у зв'язку з чим комп'ютери, доступні в комп'ютерних класах, не були по-справжньому персоналізовані.

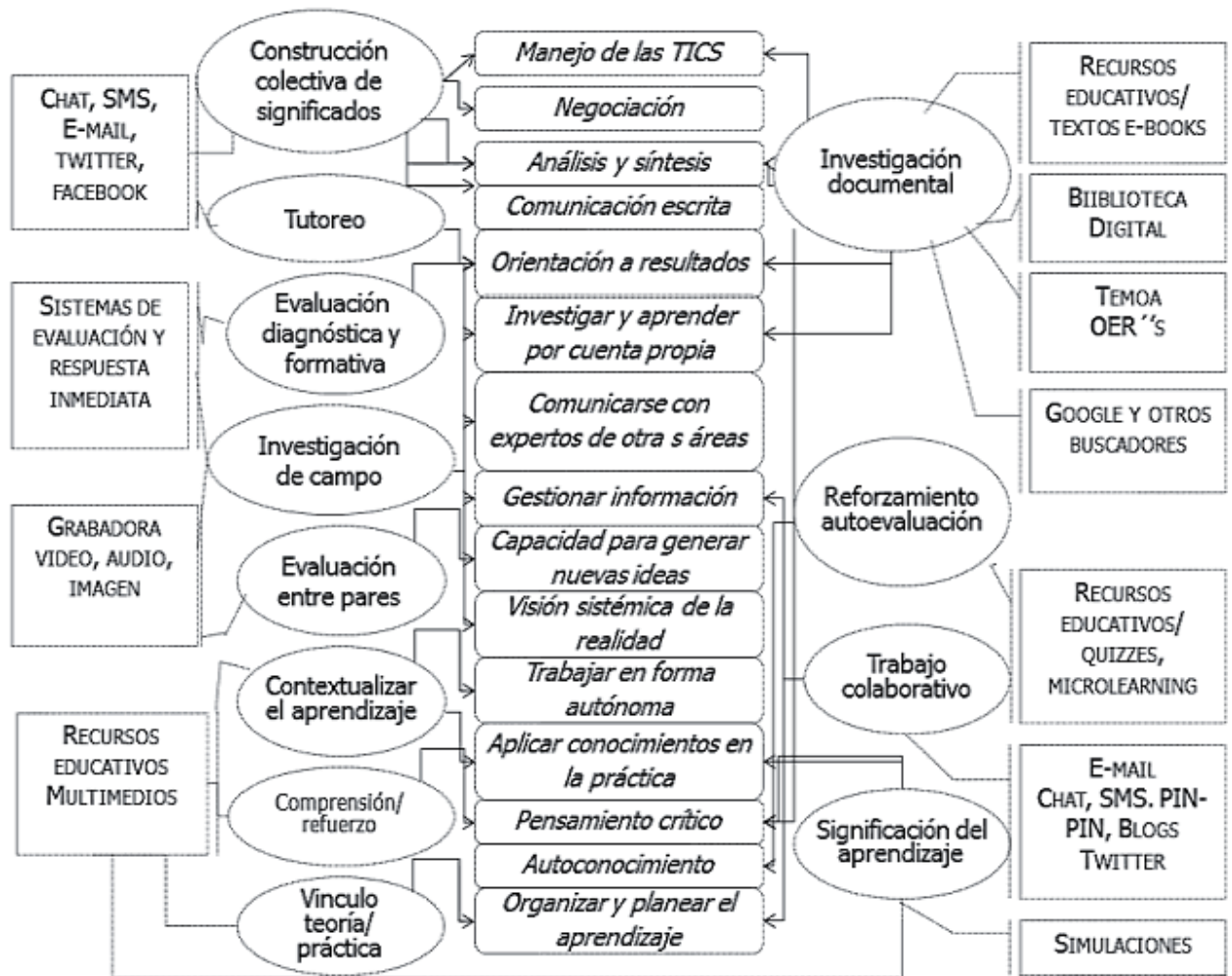


Рис. 1.8. Модель використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні (за [58])

У зв'язку з тим, що мобільні пристрої збирають та зберігають дані про користувача, мобільні інтернет-пристрої є більш придатними для персоналізованого навчання, ніж традиційні засоби ІКТ. Наприклад, якщо студент краще сприймає візуальні дані і цікавиться картами, то історичні дані можуть бути поданими на інтерактивному атласі, керованому за допомогою сенсорного інтерфейсу. Студенту з іншою провідною модальністю можна надати аналогічні відомості в іншому вигляді, наприклад у вигляді шкали часу із зазначеними на ній важливими подіями і посиланнями на

відеоматеріали і першоджерела.

У цілому інтелектуальні мобільні інтернет-пристрої надають студентам більшу гнучкість у просуванні у власному темпі, керуючись особистими інтересами, що потенційно підвищує їх мотивацію до навчання.

Автори [44] стверджують, що персоналізація може бути досягнута за допомогою двох адаптивних підходів:

1) навчальні послуги можуть бути адаптовані до характеристик студентів, таких як стилі навчання, вимоги, стан, продуктивність, уподобання та профілі (наприклад, через доставляння мультимедійних матеріалів для студентів-візуалів або надання покрокових інструкцій для студентів, які зазнають труднощів при розв'язанні конкретних навчальних задач);

2) навчальні послуги можуть бути чутливими до умов середовища (контексту), в якому знаходиться студент (наприклад, раціонально надавати навчальні матеріали з ботаніки студенту під час його знаходження у ботанічному саду, а не тоді, коли він перебуває у мистецькій галереї) [44, с. 164].

Авторами [44] запропоновано архітектуру адаптивного мобільного навчального середовища на основі системи Moodle (рис. 1.9), яке пропонує багато послуг для навчання студентів у будь-який час і в будь-якому місці, використовуючи переваги мобільного навчання.

III. *Миттєвий зворотній зв'язок і оцінка результатів навчання.* На прикладі декількох проєктів було доведено, що мобільні технології прискорюють процес оцінки результатів навчання і дають студентам і викладачам можливість швидше відстежувати досягнуті успіхи. Раніше студентам доводилося днями або навіть тижнями чекати рекомендацій, заснованих на оцінці їх знань. Тепер же, завдяки інтерактивним функціям мобільних пристроїв, відповідь може бути отримана практично миттєво. Це дає студентам можливість оперативно виявляти проблеми в навчанні і повторювати ключові поняття. Деякі математичні засоби, що доступні для смартфонів, покроково демонструють порядок розв'язання завдань, з якими

не впорався студент. Прикладом такого засобу є Wolfram|Alpha (рис. 1.10). Як зазначає С. В. Бас, основними перевагами сервісу Wolfram|Alpha є мобільність доступу, швидкість перевірки та повнота відповідей, наявність покрокового розв'язання та можливість здійснення пошуку необхідних навчальних відомостей [98, с. 92].

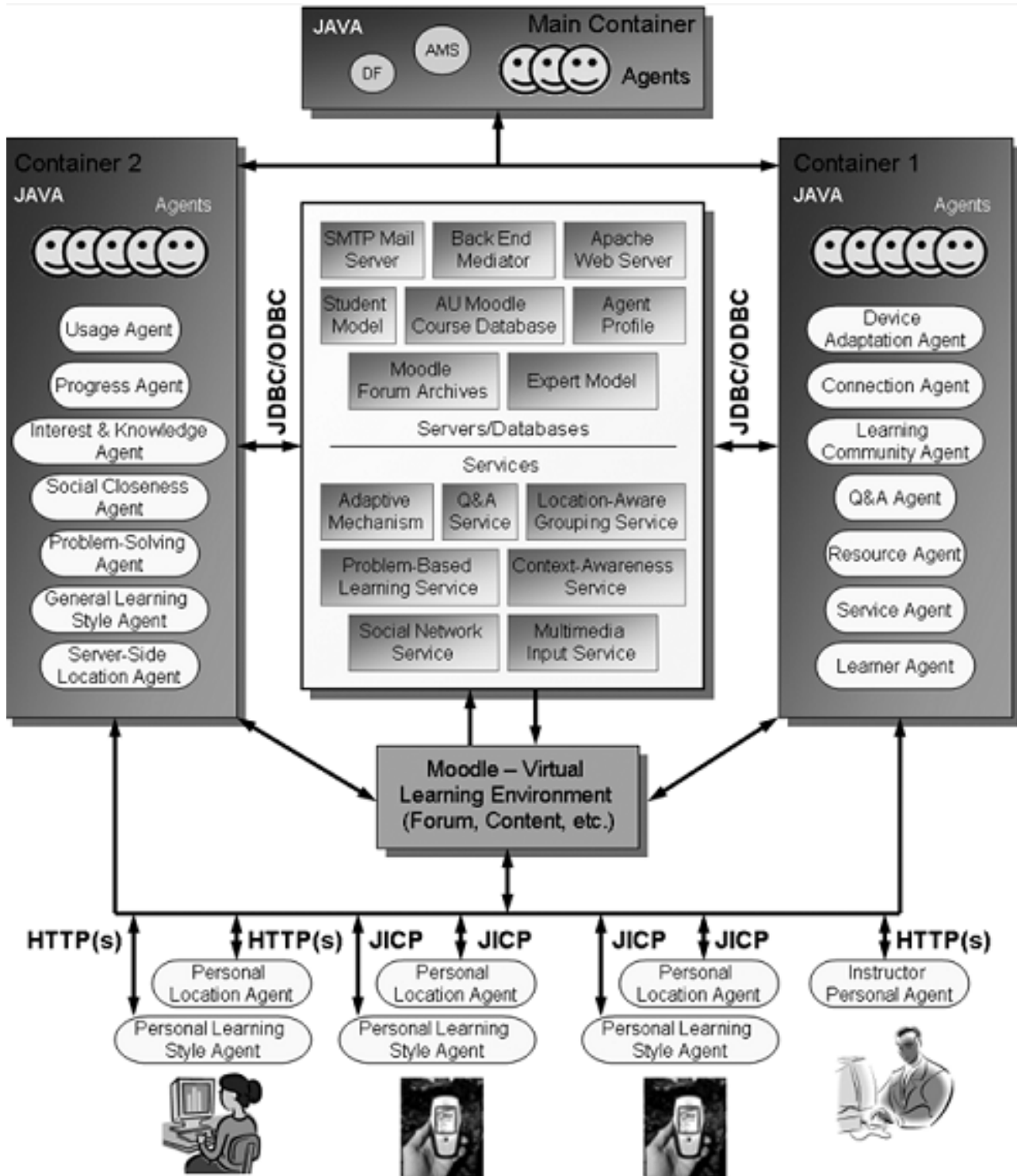


Рис. 1.9. Архітектура адаптивного мобільного навчального середовища на основі системи Moodle (за [44])

The image shows two screenshots of the WolframAlpha mobile interface. The left screenshot shows the input of the integral  $\int \frac{e^x}{e^{2x} + 2e^x + 1} dx$  and the first steps of the solution: simplifying the integrand to  $\frac{e^x}{(e^x + 1)^2}$ . The right screenshot shows the substitution  $u = e^x + 1$ , the resulting integral  $\int \frac{1}{u^2} du$ , and the final answer  $-\frac{1}{e^x + 1} + \text{constant}$ . It also includes plots of the integral and its series expansion at  $x=0$ .

integrate  $e^x/(e^{2x}+2e^x+1)$

Indefinite integrals

$$\int \frac{e^x}{e^{2x} + 2e^x + 1} dx = -\frac{1}{e^x + 1} + \text{constant}$$

Possible intermediate steps

Take the integral:

$$\int \frac{e^x}{2e^x + e^{2x} + 1} dx$$

For the integrand  $\frac{e^x}{2e^x + e^{2x} + 1}$ , simplify powers:

$$= \int \frac{e^x}{(e^x + 1)^2} dx$$

For the integrand  $\frac{e^x}{(e^x + 1)^2}$ , substitute  $u = e^x + 1$  and  $du = e^x dx$ :

$$= \int \frac{1}{u^2} du$$

The integral of  $\frac{1}{u^2}$  is  $-\frac{1}{u}$ :

Indefinite integrals

$$= -\frac{1}{u} + \text{constant}$$

Substitute back for  $u = e^x + 1$ :

Answer:

$$= -\frac{1}{e^x + 1} + \text{constant}$$

Hide steps

Plots of the integral

(x from -0.7 to 0.7)

(x from -2.1 to 2.1)

Series expansion of the integral at  $x=0$

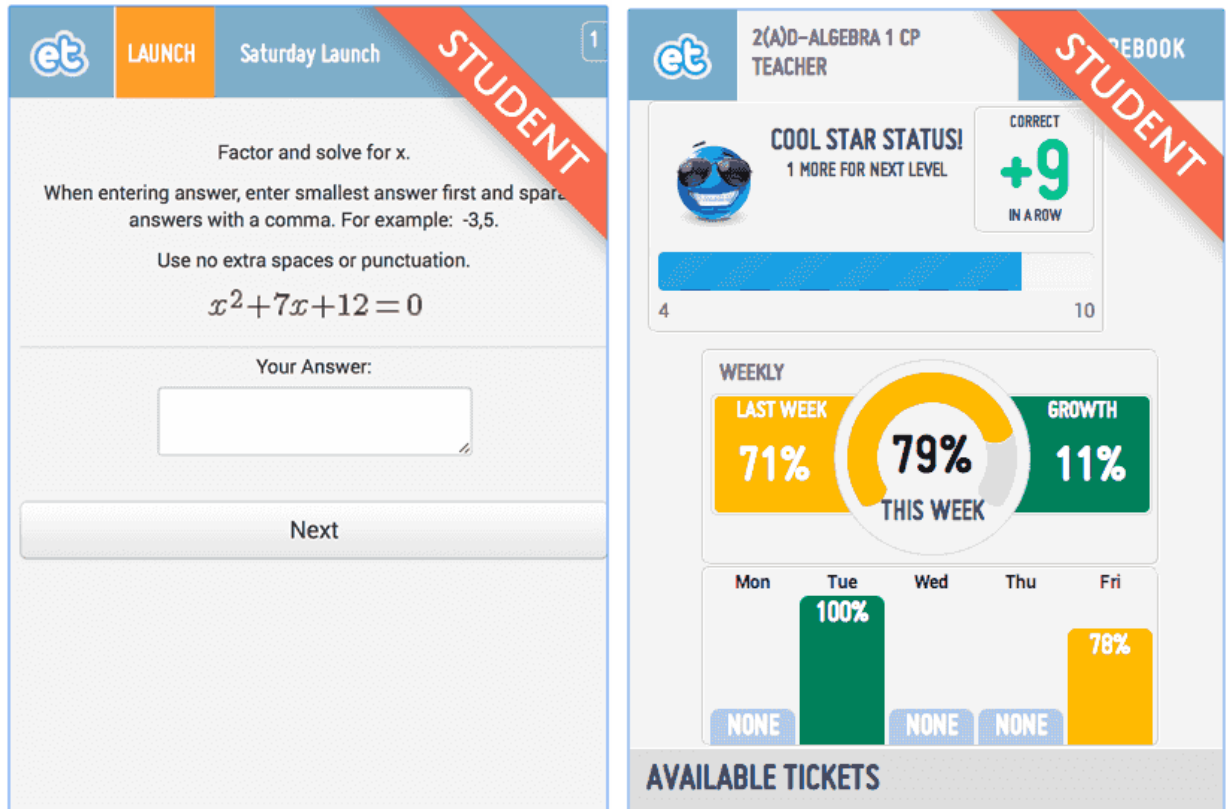
$$1 - x + x^3 - x^5 + \dots$$

Рис. 1.10. Приклад покрокового розв'язання у Wolfram|Alpha

Використання мобільних технологій підвищує ефективність роботи викладачів завдяки автоматизації процесів розподілу, збору, аналізу та документування даних про оцінки. Так, є мобільні програмні засоби, за допомогою яких викладачі можуть швидко оцінювати знання студентів за допомогою коротких опитувань про засвоєний матеріал.

Одним із мобільних засобів реалізації миттєвого зворотного зв'язку є відповідні навчальні системи (Student Response System), такі як ExitTicket. ExitTicket може бути використана для проведення бліц-опитувань наприкінці занять (у форматі «exit ticket»). ExitTicket схожа на інші системи голосування/опитування, але унікальна тим, що кожен студент має свій власний обліковий запис, а їх успішність відстежується з усіх дисциплін

протягом усього часу навчання (рис. 1.11).



a)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100%	Al We			-3/2,2...	10-10	1/2	1/2	10+10	1/2	10+10	1/2
70%	Ange			-3/2,2/3	10-10	1/2	1/2	10+10	10+10	10+10	1/2
80%	Arne			bar	10-10	1/2	1/2	10+10	1/2	10+10	1/2
60%	Barack Obama	world	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	10-10	10+10	1/2	((1-2))	1/2
50%	Barack Obama	slip	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	10-10	10+10	10-10	10+10	10-10
80%	Bill Gates	-4,-3	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	10-10	10+10	1/2	((6a))	1/2
100%	Bob Smith	-4,-3	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	1/2	10+10	1/2	10+10	1/2
60%	Che Guevara	-4,-3	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	10-10	10+10	1/2	((6a))	10+10
80%	Dalai Lama	world	-3,8	-3/2,2...	10-10	1/2	1/2	10+10	10+10	10+10	1/2
90%	Don Giovanni	-4,-3	-3,8	slip	10-10	1/2	1/2	10+10	1/2	10+10	1/2

b)

Рис. 1.11. Використання мобільної системи зворотного зв'язку ExitTicket студентом (а) та викладачем (б)

ExitTicket надає можливість відстежувати показники процесу оволодіння навчальною дисципліною для кожного студента та групи у цілому й диференціювати процес навчання. ExitTicket підтримує концепцію B.Y.O.D. (Bring Your Own Device – «принеси власний пристрій»).

Мобільні системи миттєвого зворотного зв'язку за рахунок автоматизації процесу збору та опрацювання результатів оцінювання надають можливість викладачам більше часу приділяти безпосередній роботі зі студентами.

*IV. Навчання в будь-який час і в будь-якому місці.* Оскільки більшу частину часу мобільний пристрій знаходиться зі своїм власником, проводити навчання можна в будь-який час і в будь-якому місці. Мобільні навчальні програми надають користувачеві можливість вибору: він може виконати вправу, яка потребує кількох хвилин, або повністю сконцентруватися на завданні протягом декількох годин. Завдяки подібній гнучкості для навчання можна використовувати велику перерву між заняттями або коротку поїздку в автобусі.

Мобільні пристрої також надають можливість відслідковувати процес засвоєння важливих відомостей. Принцип дії деяких програм заснований на тому, що засвоєний матеріал забувається з часом відповідно до певної логарифмічної залежності. Використовуючи ретельно вивірені закономірності, ці програми змушують студента повторювати новий матеріал оптимальну кількість разів відразу ж після вивчення і перед тим, як, відповідно до очікувань, ці відомості можуть бути забуті. Завдяки такому підходу нові відомості переміщуються із короткочасної пам'яті в довгострокову. Для ефективної роботи даних програм користувачі повинні носити пристрої з собою протягом дня. Мобільність у даному випадку – вирішальний фактор успішності навчання.

*V. Ефективне використання часу в навчальних аудиторіях.* Дослідження ЮНЕСКО показали, що за допомогою мобільних пристроїв викладачі можуть ефективніше використовувати час в навчальних

аудиторіях. Якщо студенти використовують мобільні технології для вирішення завдань на пасивне або механічне запам'ятовування, наприклад, слухають лекції або освоюють новий матеріал вдома, у них вивільняється час для обговорення ідей, обміну власною інтерпретацією отриманих знань, спільної роботи і виконання лабораторних робіт. За такого підходу мобільне навчання не призводить до відчуження, а, навпаки, допомагає студентам виробляти навички ефективної спільної роботи.

Починаючи з 2000 року, в США впроваджується відповідна модель навчання *flipped classroom* («перевернутий клас»), сутність якої полягає в тому, щоб привернути студентів до реальної діяльності на заняттях, для чого змінюється зміст домашньої роботи і роботи на заняттях: студенти освоюють теоретичний матеріал не традиційно на заняттях в університеті, а вдома або в будь-якому іншому місці самостійно, а практичні завдання виконують в аудиторії з викладачем. Студентам пропонують прослуховувати лекції за межами ЗВО, як правило, на мобільних пристроях, які вони носять з собою всюди. За рахунок цього більше часу в аудиторії можна присвятити практичним та соціальним аспектам навчання. «Найпростіше визначення перевернутого класу – заходи, що раніше традиційно проходили в аудиторії, тепер проводяться поза її межами та навпаки» [79].

Приклад організації «перевернутого класу» у процесі підготовки фахівців із нанотехнологій наводить Р. М. Ідрус (Rozhan M. Idrus) [39]. Автор вказує, що студенти останнього року навчання є найбільш схильними до самостійної навчально-дослідницької діяльності у науково-дослідних лабораторіях та з передовими науковими журналами. Використовуючи засоби мобільного навчання (зокрема, WhatsApp), студентам направлялись для розгляду посилання на статті, що самостійно ними опрацьовувались з метою подальшого обговорення в аудиторії або з викладачем. WhatsApp також використовувався студентами з метою організації обговорення до початку заняття.

Дж. Тракслер та А. Кукульська-Х'юм (Agnes Kukulska-Hulme) вказують,

що «перевернутий клас» – по суті, шкільне явище, – тим не менш, знайшов своє місце і у вищій освіті. «Перевернутий клас» – спроба систематичної оптимізації традиційного навчання через виведення якомога більше занять за межі аудиторії, в онлайн або додому. «Перевернутий клас» автори розглядають з боку перспективи зменшення витрат за умови зменшення часу взаємодії з викладачем та стверджують, що його узагальненням є контекстно чутливе мобільне навчання [79].

VI. *Формування мобільних навчальних спільнот.* Мобільні пристрої регулярно використовуються при створенні нових спільнот студентів. Південноафриканський проєкт Yoza Cellphone Stories (2009-2013 рр.) надавав молоді можливість читати і коментувати невеликі розповіді, використовуючи недорогі мобільні телефони. За даними проєкту, охоплення міської молоді мобільними інтернет-пристроями сягає 70 %, у той час як лише 7 % шкіл забезпечені бібліотеками [91]. Тому завдяки цьому проєкту фактично були сформовані співтовариства читачів в тих місцях, де не вистачало книг. Продовження даного проєкту – FunDza – спрямоване на зростання таких мобільних співтовариств, популяризацію читання та виховання молодих письменників.

Метою проєкту Pink Phone Revolution, що реалізувався у Камбоджі в 2010-2014 рр., було навчання жінок застосування мобільних технологій для обміну ідеями, інформацією та ресурсами у віртуальному просторі. Щоб допомагати людям в реальному житті, жінки звертались до досвіду своїх колег у віртуальному середовищі.

Найбільшого поширення формування навчальних спільнот дістало у масових відкритих дистанційних курсах (МООС). Ураховуючи велику та надвелику кількість учасників курсу, традиційне оцінювання їх навчальних досягнень викладачем є неможливими: замість нього створюється спільнота викладачів, їх помічників та студентів (ці ролі можуть змінюватися), що виконують взаємооцінювання, консультування тощо з використанням різноманітних методів, що надають можливість учасникам одного курсу



ефективно взаємодіяти один з одним. Викладач відіграє важливу роль у забезпеченні взаємодії, обміну відомостями та ресурсами, участі у дискусії і сприяє зростанню знань студентів. В. М. Кухаренко вказує, що навчання на масових відкритих дистанційних курсах вимагає активної участі всіх суб'єктів навчання – у великих курсах це часто призводить до формування підмереж студентів для вирішення окремих питань [140].

Такі платформи, як edX та Coursera, крім першокласних навчальних матеріалів, доступних набагато більшій кількості людей в порівнянні зі звичайними освітніми установами, надають студентам можливість створення спільнот взаємодопомоги у постановці і вирішенні завдань, роботі над спільними проектами, що сприяє широкій соціальній взаємодії як основи освітнього процесу. Прикладом масового відкритого дистанційного курсу, орієнтованого на роботу через мобільні інтернет-пристрої, є MobiMOOC [19].

У курсі MobiMOOC 2012 року розглядаються теоретичні основи мобільного навчання, планування навчальних проєктів, засоби мобільного навчання, побудова мобільного навчального курсу, комбіноване та корпоративне мобільне навчання, мобільна активність та освіта, розвивальне мобільне навчання, мобільні ігри, здоров'язберезувальні мобільні технології, методика мобільного навчання. Основними результатами курсу його автор І. І. де Вард вважає такі [19, с. 9]:

- користувачі мобільних інтернет-пристроїв більш активні у навчальній взаємодії, ніж користувачі стаціонарних інтернет-пристроїв, та генерують більше повідомлень, що приводять до збільшення розуміння;

- для користувачів мобільних інтернет-пристроїв навчальна комунікація є більш значущою;

- у користувачів мобільних інтернет-пристроїв більш розвинені навички управління самостійною навчальною діяльністю (зокрема, тайм-менеджменту);

- застосування мобільних інтернет-пристроїв надає можливість створити зручне персональне навчальне середовище.

VII. *Підтримка ситуаційного навчання.* Мобільні пристрої надають можливість розширити межі традиційного (аудиторного) навчання шляхом перенесення його в мобільне навчальне середовище. Відштовхнувшись від ідеї аудіогіда в музеях, що розповідає відвідувачам про найцікавіші експонати або картини, розробники створили мобільні програмні засоби, призначені для вивчення різних дисциплін, як соціально-гуманітарних (історії), так й фундаментальних (хімії) та фахових. Такі засоби перетворюються на своєрідного екскурсовода, надаючи відомості про найважливіші об'єкти, їх композиції, конструкції і значення. Інші засоби використовуються при вивченні ботаніки, надаючи відомості про рослини у міру знайомства з ними у середовищі природного проживання. Мобільні інтернет-пристрої, по суті, надають буквально значення вислову про те, що світ – це навчальний клас. У декількох проєктах, реалізованих в Північній Америці і Європі, мобільні пристрої використовувалися для занурення у доповнену реальність. Спираючись на дані геолокації, програми виявляли процеси і структури, що мають місце у фізичному світі, але невидимі неозброєним оком. Наприклад, за допомогою програмного забезпечення для планшетних комп'ютерів майбутні інженери могли «бачити», де розташовуються опори мостів при їх візуальному огляді під різними кутами.

М. Т. Рестіво та іншими авторами [63] було розглянуто застосування технології доповненої реальності у навчанні розділу «Електрика» курсу фізики. Дослідники вказують, що, незважаючи на широке поширення дослідницького підходу до навчання, студенти не завжди в змозі виконати експеримент аудиторно через брак часу, матеріалів тощо. Перенесення експериментальної роботи на самостійне опрацювання у вільний час несе додаткові ризики, особливо при роботі з небезпечними матеріалами. Використання нових технологій надає новий безпечний спосіб виконання експериментів як під керівництвом викладача, так й самостійно. Онлайн-експерименти (через дистанційну та віртуальну роботу за допомогою засобів віртуальної та доповненої реальності, сенсорних пристроїв, інтерактивного

відео, навчальних ігор тощо), які сприяють зануренню користувачів у віртуальні середовища, що відтворюють реальний досвід, спрямовані на досягнення двох основних цілей: 1) надати студентами можливість спостерігати і описувати роботу реальних систем при зміні їх параметрів; 2) звільнити від залежності від матеріальних ресурсів та експериментальних установок, що вимагають тривалого налаштування для підтримки традиційних експериментів.

Реальні системи високої складності та/або високої вартості, які традиційно були доступні лише фахівцям, можуть бути відтворені з високим ступенем реалізму в віртуальному світі та стати доступними для усіх в якості тренажерів для початкової підготовки до роботи із реальними системами. Надання тренажерам інтерфейсів віртуальної або доповненої реальності сприяє покращенню професійної підготовки через можливість опанування більшої кількості систем та ситуацій, що можуть бути небезпечними. Такі тренажери можуть забезпечити додаткове відчуття присутності і занурення, що мають велике значення для професійної підготовки.

Концепція віртуальної реальності розвивається з 1960-х рр. [77] і вважається дуже перспективним, потужним і корисним інструментом, особливо в інженерії. Доповнена реальність замість того, щоб «переносити» користувача у віртуальне середовище, як це робить віртуальна реальність, поєднує віртуальні елементи з реальним світом: до реального оточення користувача додаються віртуальні об'єкти, що змінюються унаслідок його дій. Це вимагає створення віртуальних інструментів або компонентів, керованих користувачем, для виконання певних дій, проведення експерименту тощо.

П. Мілгрем (Paul Milgram) та Ф. Кішіно (Fumio Kishino) [51] описують простір між реальним та віртуальним світом (називаючи його комбінованою реальністю), у якому доповнена реальність є більш близькою до реального (немодельованого) світу, а доповнена віртуальність – до віртуального (повністю модельованого) світу.

Т. Різов (Tashko Rizov), Є. Різова (Elena Rizova) [64], розглядаючи використання доповненої реальності для навчання інженерної графіки, уводять поняття «підготовленої» та «непідготовленої» сцени. Якщо програмний засіб доповненої реальності планується використати в «непідготовленій» сцені (як правило, поза межами аудиторії), для визначення і відстеження її стану необхідні додаткові апаратні засоби, такі як гіроскопи, GPS-приймачи, компас та ін. Для аудиторного застосування доцільно «підготувати» сцену – у цьому випадку визначення положення і відстеження здійснюється за допомогою відповідних надійних чорно-білих маркерів характерної форми (квадрат або коло; це конкретизується архітектурою програмного забезпечення для їх виявлення і відстеження).

Т. П. Коделл (Thomas P. Caudell) та Д. В. Майзел (David W. Mizell) [12], характеризуючи технологію доповненої реальності, вказують на простоту відображення у ній віртуальних об'єктів порівняно з віртуальною реальністю. Розробка віртуального об'єкту для системи доповненої реальності виконується у такий спосіб:

- 1) у 3D-середовищі створюється візуальна модель компоненту доповненої реальності;
- 2) у 2D-середовищі створюється простий маркер, що може бути швидко розпізнаний системою доповненої реальності;
- 3) у програмному засобі для підтримки доповненої реальності маркер пов'язується із 3D-моделлю.

При розпізнаванні маркера системою доповненої реальності на екрані пристрою із програмним засобом для підтримки доповненої реальності зображення розпізнаного маркера накладається відповідна йому 3D-модель.

За посиланням [https://remotelab.fe.up.pt/#ar\\_exp](https://remotelab.fe.up.pt/#ar_exp) можна знайти приклади використання доповненої реальності на лабораторних роботах із фізики. В якості маркерів пропонується використання картонних аркушів із роздрукованими на них створеними у 2D-середовищі або згенерованими простими зображенням (зокрема, вони можуть бути подібні до QR-кодів).

Завдання роботи полягає в тому, щоб, використовуючи маркери як компоненти конструктора, зрозуміти принципи складання електричної схеми, змодельовати різні ситуації, після чого виконати її складання з реальних компонентів. У системі доповненої реальності користувач може керувати ланцюгом шляхом зміни положення перемикача, комбінування різних елементів, зміни положення джерела живлення, його полярності тощо простим розкладанням, перекладанням та обертанням маркерів. Простота складання ланцюгу та швидка зміна конфігурації схеми дозволяє відразу ж проаналізувати результати роботи схеми в кожній конкретній конфігурації. Такі поняття, як напрямок струму, розсіювання потужність, напрямок обертання двигуна, відкритий/закритий контур, паралельне/послідовне з'єднання легко спостерігаються і перевіряються.

Будь-який засіб доповненої реальності може бути навчальним об'єктом, якщо він є керованим та сприяє взаємодії користувача з реальними об'єктами з метою вивчення їх властивостей у процесі експериментального дослідження. Якщо ці вимоги виконуються, когнітивні й емоційні переживання можуть забезпечити нове розуміння того, що студенти вивчають. Застосування засобів доповненої реальності:

- надає можливість підвищити реалістичність дослідження;
- забезпечує емоційний та пізнавальний досвід, що сприяє залученню студентів до систематичного навчання;
- надає коректні відомості про систему у процесі експериментування з нею;
- створює нові способи подання реальних об'єктів у процесі навчання [63, с. 69-70].

Х. Мартін-Гутьєррес (Jorge Martin-Gutierrez), Е. Гуїнтерс (Egils Guinters) та Д. Перес-Лопес (David Perez-Lopez) [49] вказують, що доповнена реальність може бути використана для спільної роботи студентів в умовах зростання співвідношення кількості студентів на викладача. Особливої актуальності це набуває у навчанні електротехніки у процесі виконання

лабораторних робіт із потенційно небезпечним обладнанням, що вимагає постійного контролю діяльності студентів.

Автори [49] пропонують перетворити реальні лабораторні роботи на роботи у доповненій реальності шляхом розміщення маркерів на машинах, верстатах або панелях управління, використовуючи які студенти зможуть візуалізувати за допомогою мобільного інтернет-пристрою інструкції або навчальні матеріали, необхідні для правильного використання та налаштування обладнання (так звані «книжки з доповненою реальністю»). Це надає можливість одночасно багатьом студентам працювати за відсутності постійного контролю та допомоги з боку викладача.

Ж.-М. Сьотат, О. Хьюг (Olivier Hugues), Н. Гуаєль (Nehla Ghouaiel), розглядаючи застосування доповненої реальності для активізації навчання, виділяють 4 основні напрями її використання: «серйозні ігри» (середовища моделювання, у яких поєднуються можливості викладання, навчання, комунікації з ігровими елементами), підтримка наукових досліджень і експериментального підходу, перевірка моделі на адекватність, набуття технічних навичок. Автори пропонують визначення доповненої реальності як поєднання фізичних та цифрових просторів в семантично пов'язаних контекстах, для яких об'єкти асоціацій розташовані у реальному світі [16, с. 32].

*VIII. Розвиток неперервного «безшовного» навчання.* Завдяки хмарним обчисленням і сховищам даних можна підвищити ефективність навчання. Студенти залучаються до неперервного процесу навчання, що відповідає сучасним вимогам – незалежно від устаткування, використовуваного для доступу до ресурсів. Оскільки ресурси і інформація про досягнуті успіхи зберігаються на віддалених серверах, а не на жорсткому диску певного пристрою, студенти можуть працювати з одним й тим самим матеріалом із найрізноманітніших типів мобільних інтернет-пристроїв, використовуючи переваги кожного типу. Програмне забезпечення надає можливість синхронізувати дані на кількох пристроях, тому студенти можуть відновити

роботу на мобільному інтернет-пристрої з того місця, де вона була припинена на настільному комп'ютері, і навпаки. Завдяки цьому забезпечується безперервність процесу навчання. Крім того, оскільки опрацювання даних все частіше переноситься в хмару, відпадає необхідність в пристроях, оснащених дорогими процесорами для виконання ресурсоємних програм, – достатньо лише мати доступ до Інтернет.

Н. Фернандо (Niroshinie Fernando), С. В. Лок (Seng W. Loke) та В. Рахайю (Wenny Rahayu) [24] до мобільних хмарних технологій (mobile cloud computing) відносять:

– хмаро орієнтовані програмні засоби, основний код яких виконується на хмарному сервері, а спеціалізований «тонкий» клієнт – на мобільному інтернет-пристрої;

– мобільні хмари, що утворюються шляхом об'єднання ресурсів багатьох мобільних інтернет-пристроїв (P2P-мережі, розподілені обчислення);

– мобільні міні-центри опрацювання даних (cloudlets), що утворюють проміжний шар між мобільними інтернет-пристроями та хмарами, за допомогою якого надаються якісні хмарні послуги з малим часом затримки.

Однією із переваг їх використання автори називають уніфікацію інтерфейсу користувача на пристроях різних виробників.

О. І. Шангіна та інші автори [214] вказують, що використання мобільних хмарних технологій впливає на зміну методів навчання.

М. Ван (Minjuan Wang), Й. Чен (Yong Chen) та М. Дж. Хан (Muhammad Jahanzaib Khan) [85, с. 255] визначають мобільне хмаро орієнтоване навчання (mobile cloud learning) через упровадження хмарних технологій у мобільне навчання. На думку авторів [85], до його переваг відносяться, по-перше, менші витрати на апаратне та програмне забезпечення, по-друге, зменшення витрат на адміністрування, по-третє, уніфікацію навчальної хмарної інфраструктури для всіх типів пристроїв. Це сприяє більшій доступності мобільних навчальних матеріалів, розміщених у хмарному сховищі, зокрема,

для спільної роботи з ними. В якості прикладу застосування мобільного хмаро орієнтованого засобу автори наводять систему підтримки навчання Moodle, розміщену в хмарі.

Один із загальнодоступних варіантів хмарного Moodle пропонують його розробники за посиланням <https://moodle.com/cloud> (рис. 1.12). Безкоштовний тарифний план надає можливість зареєструвати до 50 користувачам та завантажувати до 200 Мб файлів. Чи не єдине обмеження порівняно з платними тарифними планами – неможливість додавання нових модулів (зокрема, тем оформлення), що унеможливило використання розробленого нами плагіну [54].

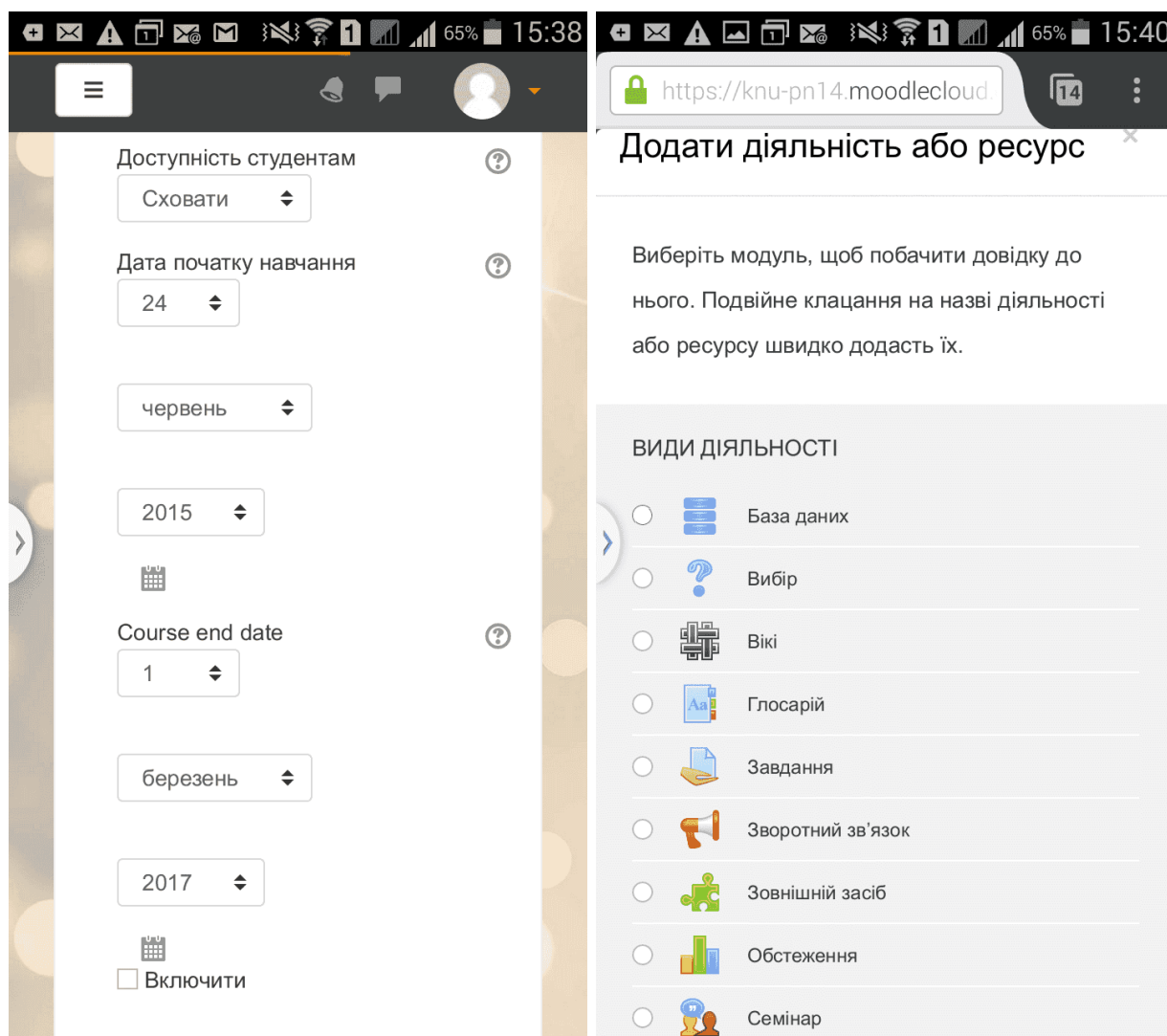


Рис. 1.12. Використання хмарної версії Moodle на мобільному пристрої (режими налаштування та редагування навчального курсу)



*ІХ. Забезпечення зв'язку між формальним і неформальним навчанням.*

П. Дж. Хагер (Paul J. Hager) [34] формальне навчання визначає за трьома суттєвими властивостями, що визначають «формальність» навчальної ситуації:

- 1) наявність у навчальному плані (розкладі занять) переліку того, що підлягає вивченню;
- 2) для навчання призначається викладач або група викладачів;
- 3) навчальні досягнення підлягають перевірці та оцінюванню визначеним способом.

За цими властивостями традиційні форми навчання студентів у ЗВО (денна, заочна) відносяться до формального навчання. Якщо хоча б одна із вказаних властивостей відсутня, формальне навчання перетворюється на неформальне.

За П. Дж. Хагером, неформальне навчання, як правило, відбувається під час підготовки людини до виконання певної роботи – це може бути навчання на робочому місці на основі зразків діяльності та життєвого досвіду, опанування хоббі, заняття спортом, рукоділлям тощо (включно із навчанням подолання стресових ситуацій) [35].

Неформальне навчання орієнтовано на того, хто навчається, керується ним самим, має практичну спрямованість та не є чітко структурованим. Різновидом неформального навчання є ситуаційне, що відбувається під час практичної діяльності, є незапланованим, неструктурованим та некерованим.

ІКТ також відіграють роль у неформальному навчанні через цифрові та соціальні медіа [18]: так, мобільні пристрої сприяють підвищенню якості навчання, стираючи кордони між формальною та неформальною освітою. Х. З. Балох, А. Абдулраман, Н. А. Іахад вказують на важливість реалізації неформального навчання шляхом об'єднання навчання у співробітництві з використанням мобільних інтернет-пристроїв на основі діяльнісного підходу [7]. Основними компонентами пропонованого авторами середовища навчання мобільні навчальні об'єкти, мобільні інтернет-пристрої, навчання у

співробітництві та спільно вироблювані знання.

За допомогою мобільних пристроїв студенти з легкістю знаходять додаткові матеріали, щоб глибше зрозуміти концепції, які викладач висвітлює в аудиторії. Наприклад, існують різноманітні програмні засоби навчання мов, які «говорять» зі студентами та «слухають» їх через убудовані в мобільний телефон динаміки і мікрофон. Раніше для того, щоб забезпечити подібний рівень вербального взаємодії, був потрібен викладач. Крім того, студенти можуть вступати в розмову із людьми, які вільно володіють мовою, що вивчається, переводячи за допомогою мобільного пристрою незнайомі слова та фрази і підтримуючи у такий спосіб ефективну комунікацію. Мобільність і відносна ненав'язливість пристроїв дозволяють рухатися прямо до мети. Немає потреби переривати розмову на пошук потрібних відомостей у паперовому словнику або для того, щоб відкрити ноутбук. Багато програм дозволяють студентам відзначати важкі слова, щоб повторити їх пізніше, а також виділяти незрозумілі словосполучення, щоб згодом прояснити їх значення з викладачем. За допомогою мобільних технологій освітні процеси в аудиторії та за її межами доповнюють один одного.

Автори [7] вказують, що забезпечення зв'язку між формальним та неформальним навчанням за допомогою мобільних інтернет-пристроїв сприяє більшій масштабованості навчання (можливість залучення надвеликої кількості тих, хто навчається, до активної діяльності), його синхронності (всі навчальні процеси відбуваються «наживо») та сталості (у такий спосіб неформальне навчання не переривається ніколи).

*Х. Мінімізація наслідків руйнування освітнього процесу в зонах військових конфліктів або стихійних лих.* Як правило, мобільну інфраструктуру простіше і швидше відновити після стихійного лиха або військових дій, ніж, наприклад, дорогу або будівлю школи. Мобільне навчання набуває особливого значення для студентів з регіонів, що відновлюються після кризової ситуації. Наприклад, якщо десь сталася повінь або мали місце бойові дії, студенти можуть скористатися навчальними

матеріалами і зв'язатися з викладачем та іншими студентами через мобільні пристрої, навіть коли школи та університети зачинені або небезпечні. Дослідження показують, що мінімізація наслідків руйнування освітнього процесу в зонах військових конфліктів або стихійних лих прискорює відновлення життєвого укладу суспільства в цілому. За допомогою мобільних пристроїв можна продовжувати навчання і забезпечувати безперервність освітнього процесу в кризовий період.

«Освіта в умовах небезпек та криз» стала головною темою Тижня мобільного навчання ЮНЕСКО у 2017 році (Mobile Learning Week 2017) [52].

С. Бінсалех та М. Бінсалех (Muazzan Binsaleh) [9], аналізуючи можливість використання мобільних інтернет-пристроїв у конфліктних провінціях Таїланду, вказують на наступні обмеження для реалізації мобільного навчання у зонах військових конфліктів:

- 1) високий рівень насилля та вбивств вчителів, солдат та охоронців;
- 2) недостатній доступ до джерел струму для заряджання мобільних пристроїв навчального призначення;
- 3) обмеження передавання даних або відсутність мобільного зв'язку;
- 4) нестача вчителів;
- 5) недостатнє володіння студентами мовою навчання;
- 6) низький рівень освіти батьків;
- 7) недостатній рівень адаптованості навчальних матеріалів до використовуваних мобільних пристроїв;
- 8) низький рівень готовності вчителів до використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні.

Основним шляхом подолання вказаних проблем автори [9] вважають підвищення рівня ІК-компетентності усіх учасників навчального процесу.

Н. Дах'я (Negin Dahya) вказує, що ІКТ мають потенціал для підтримки, забезпечення та вдосконалення освіти для найбільш маргіналізованих осіб, постраждалих від війни, стихійних лих та швидкого поширення хвороб. Через ці різні засоби, такі як радіо, мобільні телефони, мобільні проектори,

електронні книжки та планшети, ноутбуки та комп'ютери, можуть підтримувати викладання та навчання різними способами. Термін «мобільність» стосовно навчання є дуже актуальним в зонах військових конфліктів або стихійних лих: він означає, що навчання не повинно зупинятися, коли люди рухаються, і що люди, що перебувають у русі, зосереджені на продовженні своєї освіти [18, с. 5].

Використання мобільних інтернет-пристроїв у зонах військових конфліктів або стихійних лих надає можливості:

- використання мобільних грошових переказів для забезпечення викладачам регулярної заробітної платні;

- використання систем двосторонніх комунікацій за допомогою текстових повідомлень з метою підвищення безпеки навчання (інформування батьків, опікунів та молодих людей безпосередньо про небезпеку поблизу навчальних закладів);

- комбінованого навчання викладачів у системі післядипломної освіти;

- використання мобільного радіо для оперативного інформування поширення звукозаписів навчального спрямування;

- позашкільного навчання у віддалених місцях;

- розробки та використання відкритих освітніх ресурсів високого рівня доступності, низької вартості, які адаптовані до конкретних потреб цільової групи;

- використання мобільного відео для передавання необхідних життєвих навичок членам спільнот, котрі стикаються з конфліктами та кризовими ситуаціями (зокрема, обмін даними в мультимедійній формі, такими як цифрове відео, може навчити людей реагувати на загрози для здоров'я та долати наслідки стихійного лиха);

- використання віртуальних соціальних мереж з метою формування та відстеження можливостей для навчання у конфліктних та кризових ситуаціях;

- реалізації інклюзивної освіти [18, с. 5-6].

### *XI. Допомога у навчанні особам з особливими освітніми потребами.*

Закон України «Про вищу освіту» визначає осіб з особливими освітніми потребами як осіб з інвалідністю (обмеженими можливостями), які потребують додаткової підтримки для забезпечення здобуття вищої освіти. Формування і реалізація державної політики у сфері вищої освіти забезпечуються шляхом створення та забезпечення рівних умов доступу до вищої освіти, у тому числі забезпечення осіб з особливими освітніми потребами спеціальним навчально-реабілітаційним супроводом та створення для них вільного доступу до інфраструктури закладу вищої освіти з урахуванням обмежень життєдіяльності, зумовлених станом здоров'я, та належної державної підтримки підготовки фахівців з числа осіб з особливими освітніми потребами на основі створення для них вільного доступу до освітнього процесу та забезпечення спеціального навчально-реабілітаційного супроводу [181].

Основними причинами необхідності допомоги особам з особливими освітніми потребами є проблема організації навчального процесу, впровадження сучасних технологій та технічних засобів навчання, підтримки та індивідуалізації фахової підготовки студентів з порушеннями зору і слуху (індивідуалізовані навчальні програми, навчальні плани, навчальні посібники, підручники, електронні підручники тощо);

Завдяки технологіям масштабування тексту, голосовий транскрипції, геолокації і перетворення тексту на мову, мобільні пристрої підвищують якість навчання осіб з особливими освітніми потребами як у спільнотах з достатніми ресурсами, так і в менш забезпечених співтовариствах. Наприклад, організація Cambridge to Africa у 2010 році запустила програму по залученню в освітній процес глухих дітей з Уганди [53]. Учні знайомляться з навчальною програмою і взаємодіють з викладачами через мобільні пристрої та інноваційну SMS-систему. Загальнодоступне програмне забезпечення для учнів із дефектами зору, наприклад, дозволяє перетворити мобільний телефон з камерою на пристрій для читання тексту. Мобільні

технології також здатні допомогти людям зі зниженою здатністю до навчання. М. Х. Шнепс (Matthew H. Schneps), Дж. М. Томсон (Jenny M. Thomson), Ч. Чен (Chen Chen), Г. Соннерт (Gerhard Sonnert) та М. Помплун (Marc Pomplun) дослідили вплив переформатування тексту на мобільних пристроях для читання електронних книжок на швидкість озвучування тексту і його розуміння людьми, хворими на дислексію [68]. Автори виявили, що використання мобільного пристрою значно покращило швидкість і розуміння порівняно з традиційним поданням на папері для окремих категорій цих осіб: ті, хто найбільше утруднювались із декодування фонем або ефективним розпізнаванням та читанням слів, читали швидше та осмисленіше, використовуючи пристрій. Попередні дослідження авторів стосовно відстеження руху очей показали, що короткі рядки полегшують читання при дислексії. Автори стверджують, що це можна розуміти як наслідок дефіциту візуальної уваги, що у випадку дислексії ускладнює приділення уваги непотрібному тексту біля місця просування погляду під час читання. Короткі рядки полегшують читання, скеровуючи увагу на непереповнені словами фрагменти тексту [69].

Подібні відкриття стали поштовхом до створення мобільних додатків для людей, що зазнають проблеми при читанні внаслідок обмежених можливостей здоров'я [10].

*ХІІ. Підвищення якості комунікації та управління.* У порівнянні зі звичайними каналами зв'язку, повідомлення з мобільних пристроїв відправляються швидше, надійніше, ефективніше і з меншими витратами. Саме тому студенти і викладачі все частіше використовують їх для підтримки інформаційної діяльності. Крім того, що повідомлення, які передаються через мобільні пристрої, з більшою ймовірністю досягнуть одержувача, ніж повідомлення на папері, їх можна використовувати для отримання або розповсюдження інформації. Викладачі можуть запитувати у студентів виконані завдання, а батьки – отримувати актуальну інформацію про навчальні досягнення своїх дітей. Крім того, в декількох проєктах, що

реалізуються в Азії, Африці та Північній Америці, мобільні пристрої використовуються для ефективної взаємодії між вчителями аналогічних дисциплін або групами учнів. У Південній Африці вчителі, які беруть участь в проєкті викладання біології, через мобільні телефони і соціальні мережі діляться один з одним планами занять та педагогічними ідеями. Залучені до участі у проєкті педагоги відзначили, що це підвищує професіоналізм і дух товариства. Тепер їм стало простіше звертатися за допомогою до колег, знайомих з повсякденними проблемами їх професії [80, с. 24].

Г. Прокоп'яду (Georgia Prokopiadou) [59] виокремлює такі нові властивості, що надають ІКТ для підвищення ефективності управління навчальним закладом:

- сприяння адміністрації навчального закладу в ефективному управлінні офіційними функціями, в посиленні нагляду за прогресом учнів, а також у вдосконаленні управління шкільними ресурсами;

- сприяння більш зручному та дружньому управлінню складними та багаторівневими адміністративними операціями;

- сприяння комунікації між навчальними підрозділами, батьками та адміністрацією, включаючи їх в систему управління навчальним закладом, підвищуючи прозорість адміністративних заходів, а також взаємозв'язок шкільних мереж [59, с. 306].

На думку автора, впровадження ІКТ у шкільних підрозділах забезпечуватиме розвинену електронну адміністративну інфраструктуру. Традиційна бюрократична робота поступається місцем інформаційним системам управління для моделювання та організації адміністративних процедур, які сприятимуть становленню навчального менеджменту за принципами та стратегіями інформаційного суспільства. За такого підходу адміністрації навчальних підрозділів повинні оснащуватись технологічною інфраструктурою та надавати навчальній спільноті оновлені засоби ІКТ [59, с. 321-322].

І. В. Пліш у [175] описує досвід використання системи управління

проектами Basecamp, яка надає можливість неперервної підтримки управлінської діяльності, забезпечення постійного зворотного зв'язку з педагогічним колективом, керування процесом виконання поставлених задач та, за необхідності, їх оперативним коригуванням тощо. Система управління дозволяє директору та виконавцям (педагогічному та господарському колективу) використовувати ресурси означеної системи незалежного від їхнього місцезнаходження з будь-якого мобільного інтернет-пристрою.

За даними порталу SoftwareSuggest [1], система управління навчальним закладом (school management system – SMS) є інструментом, спеціально розробленим для спрощення безпаперового управління навчальними закладами різних типів. Воно складається з різних модулів, які допомагають викладачам та персоналу підтримувати облікові записи студентів, історію навчальних досягнень та іншу важливу інформацію про студента. Ефективна SMS об'єднує різні відділи та функції, надаючи доступ до них з будь-якого місця.

До основних функцій SMS відносяться:

1. *Зарахування студентів*: SMS відстежує процес реєстрації студентів – користувачі SMS можуть легко додавати, змінювати та переглядати модулі, які надають їм повну інформацію про процес прийому студентів.

2. *Облік успішності*: SMS веде повний запис історії студентів, за допомогою якого керівництво може відстежувати їх успішність та відзнаки.

3. *Управління ресурсами*: цей модуль допомагає школі підтримувати та перевіряти рівні запасів критичних предметів. Користувачі можуть зберігати дані про закупівлі, визначати поточний запас ресурсів і дізнатися, коли потрібно придбати нові ресурси.

4. *Управління рахунками*: цей модуль підтримує повний звіт про оплату за навчання.

5. *Управління бібліотеками*: модуль здійснює повне управління бібліотеками навчального закладу. Він реєструє кількість книг, дату випуску, дату повернення та вимоги щодо придбання книг.



6. *Управління звітами*: цей модуль дає змогу користувачам створювати розширені аналітичні звіти, які можуть допомогти у прийнятті кращих рішень відповідно до конкретних потреб навчального закладу.

7. *Управління заробітною платою*: цей модуль допомагає вести облік заробітної плати для всіх працівників навчального закладу.

8. *Сповіщення та попередження*: за допомогою цього модуля студенти, викладачі та керівництво отримують своєчасні сповіщення та повідомлення про важливі події та заходи у навчальному закладі.

9. *Управління розкладом*: управління навчальним розкладом є складним завданням – цей модуль допомагає встановлювати та підтримувати графік відповідно до академічних правил.

10. *Управління гуртожитками*: цей модуль керує всіма діями студентів, які проживають у гуртожитках, таких як розміщення приміщень, запаси предметів гуртожитку та витратних матеріалів.

11. *Управління відвідуваністю*: збереження актуальних відомостей про відвідування студентів є важливою функцією навчальних закладів. Даний модуль відстежує відвідування студентів та веде список студентів, які підпадають під конкретні вимоги до відвідування.

12. *Управління людськими ресурсами*: цей модуль керує джерелами даних, пов'язаних із людськими ресурсами, такими як заробітна плата викладачів, нормативні вимоги, облік робочого часу та графік відпусток.

13. *Електронний журнал*: цей модуль надає можливість переглядати тестові бали та оцінки студентів в Інтернет з метою відстеження прогресу у складанні іспитів.

До основних переваг використання SMS відносяться:

– ефективне управління інформацією: SMS може містити добре керовану та ненадлишкову інформацію про викладачів, співробітників, студентів та батьків, отримання та оновлення якої є легшим порівняно з традиційними («паперовими») документами;

– полегшення та прискорення спілкування: повідомлення про плату,

звітність, батьківські збори, шкільні події, бібліотечні повідомлення, дані про іспити тощо доставляються швидше за допомогою SMS;

– дружність та зручність для викладачів та батьків: якісний портал навчального закладу з простим інтерфейсом сприяє залученню викладачів, батьків та студентів;

– відстеження інформації: SMS робить легкодоступними відомості про відвідуваність, оплату, розклади і багато іншого;

– повсюдність доступу: оскільки SMS, як правило, має мобільну версію, користувач також можуть отримати доступ до неї з мобільного інтернет-пристрою;

– прозорість – за умови використання SMS неможливо приховати будь-яку необхідну інформацію від користувачів; наприклад: навіть якщо студент відсутній, він може переглянути розклад; екзаменаційні відомості розміщуються безпосередньо на порталі, що унеможливорює спотворення результатів іспитів; інформація про плату зберігається без помилок та доступна кожній уповноваженій особі;

– зворотний зв'язок із студентами та батьками сприяє покращенню управління навчальним закладом;

– виконує непрямий брендинг навчального закладу, оскільки за сайтом навчального закладу складається належне враження від нього;

– зв'язує усі складові навчального закладу;

– може бути інтегрована з CMS (Content Management System – система управління вмістом);

– сприяє підвищенню продуктивності викладачів, вивільняючи їх від сторонніх завдань;

– дані у SMS можуть бути завантажені або відредаговані з будь-якого місця через мобільні пристрої, ноутбуки або настільні комп'ютери, під'єднані до Інтернет;

– повна автоматизація навчальних процесів дозволяє легко відслідковувати їх та одночасно надає дані для кращого управління

навчальним закладом;

- збільшується рівень задоволеності працівників та клієнтів;
- надає студентам практичний досвід використання технологій;
- сприяє економії на канцелярському приладді та роботі людей з обслуговування традиційних управлінських процесів [1].

У 2014 році Центр цифрової освіти опублікував звіт про результати дослідження «розумного кампусу» – подальшого розвитку систем управління навчальними закладами. Технології «розумного кампусу» включають процеси та засоби збору даних та їх автоматизованого опрацювання; мобільні пристрої та технології; аналіз даних; студентські інформаційні системи (SIS); системи управління навчальними курсами (CMS/LMS); системи планування ресурсів (ERP-системи); хмарні технології; широкопasmові, бездротові та мобільні мережі (рис. 1.13).

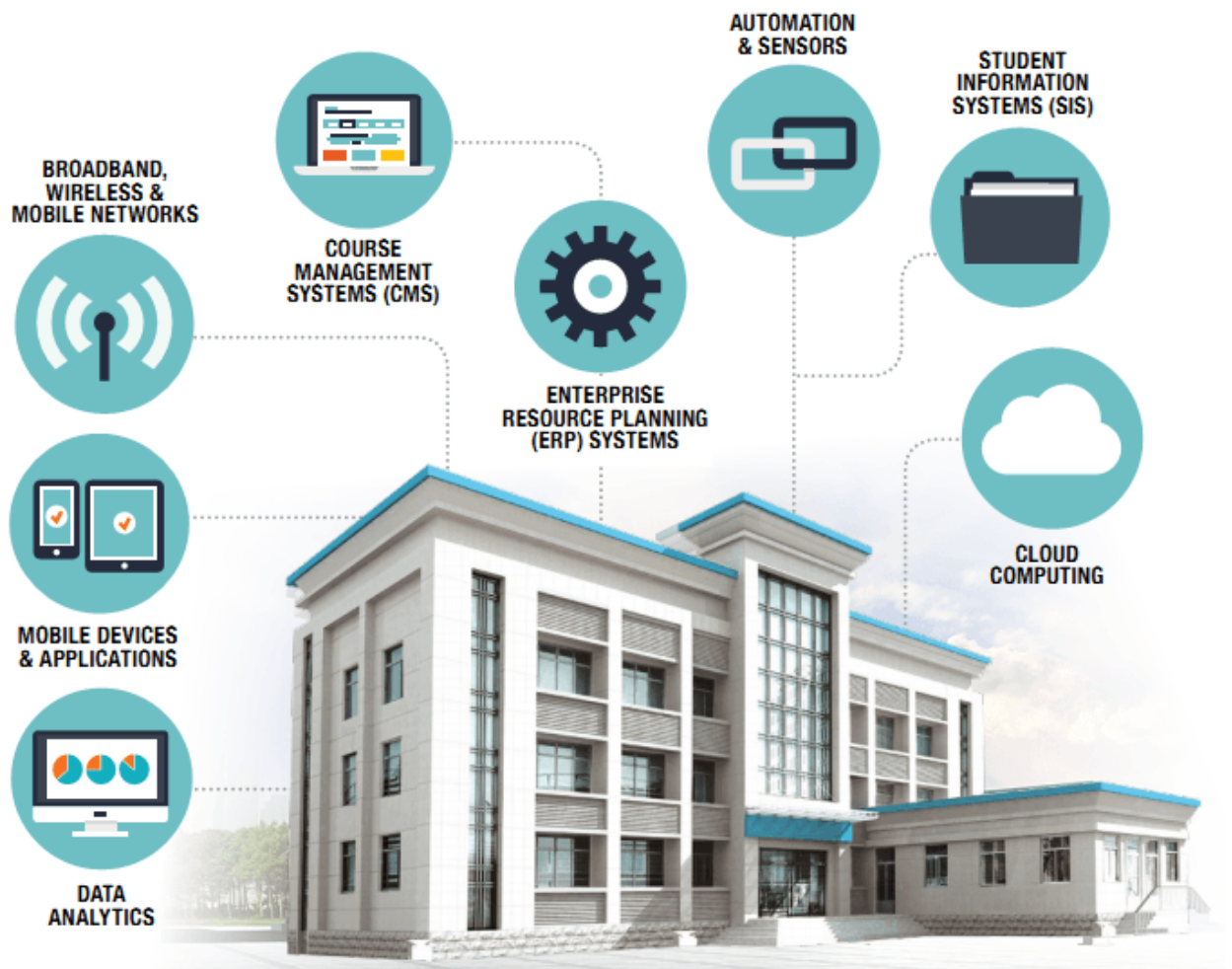


Рис. 1.13. Технології «розумного кампусу» (за [43, с. 6-7])

*XIII. Максимізація ефективності витрат.* Витрати на мобільні технології виглядають досить конкурентоспроможними в порівнянні з витратами на зіставні ресурси. Наприклад, в Таїланді недавно була запущена програма поступового заміщення традиційних паперових підручників планшетними комп'ютерами. Незважаючи на те що проєкт в абсолютному вираженні не є дешевим, слід враховувати витрати на закупівлю, доставку і оновлення паперових підручників. Аналогічним чином, необхідно зіставити можливості та обмеження планшетних комп'ютерів у порівнянні з паперовими підручниками. Ще належить провести довгостроковий аналіз рентабельності, щоб порівняти витрати на паперові і цифрові підручники, однак перші результати свідчать про те, що саме мобільні пристрої є найбільш ефективним рішенням, що забезпечує широкі можливості в умовах, що постійно знижуються цін на ці пристрої. Державні установи багатьох країн успішно розширюють спектр освітніх можливостей за допомогою вже використовуваних людьми технологій, а не за рахунок впровадження нових пристроїв. Проєкти, спрямовані на використання популярних мобільних пристроїв в якості інструментів для навчання і надання рівних можливостей для учнів, які не можуть собі дозволити їх придбання, сприяють ефективному вирішенню завдань у сфері освіти [80, с. 26].

Наказом МОН України № 440 від 02.05.2018 р. було затверджено «Положення про електронний підручник» [183], згідно якого електронним підручником (е-підручником) є електронне навчальне видання із систематизованим викладенням навчального матеріалу, що відповідає освітній програмі, містить цифрові об'єкти різних форматів та забезпечує інтерактивну взаємодію. У Положенні наголошується, що:

- е-підручник має забезпечувати можливість роботи на трьох чи більше операційних системах, не менше двох з яких – для мобільних пристроїв;
- для використання е-підручника повинна бути забезпечена можливість завантаження його на пристрій користувача;
- в е-підручнику мають бути функції переходу здобувачів освіти на

створений МОН спеціальний інформаційний ресурс у мережі Інтернет для здійснення оцінювання відповідності результатів навчання стандартам освіти, типовим освітнім (навчальним) програмам.

Виходячи з наведених вимог, найбільш придатними для використання електронних підручників є мобільні інтернет-пристрої.

М. Аль Шурман (Muneera Al Shurman) та інші автори [3], досліджуючи використання Інтернет-планшетів та е-підручників студентами першого курсу в процесі навчання базових дисциплін (фізики, хімії, математики, англійської та арабської мов), роблять висновок про те, що їх використання сприяє підвищенню рівня навчальних досягнень студентів. Порівняно з традиційними підручниками, використання е-підручників підвищує рівень мотивації студентів. Водночас це вимагає додаткових витрат часу з боку викладачів на технічну підтримку їх використання, зокрема – на підготовчому етапі.

Автори [60] розділяють роботу із організації мобільного навчання на декілька етапів та дій (рис. 1.14). На кожному етапі необхідно урахувувати такі складові впроваджуваного електронного навчального курсу: орієнтація на ринок освітніх послуг, співробітництво, конкурентоздатність та можливості фінансування.

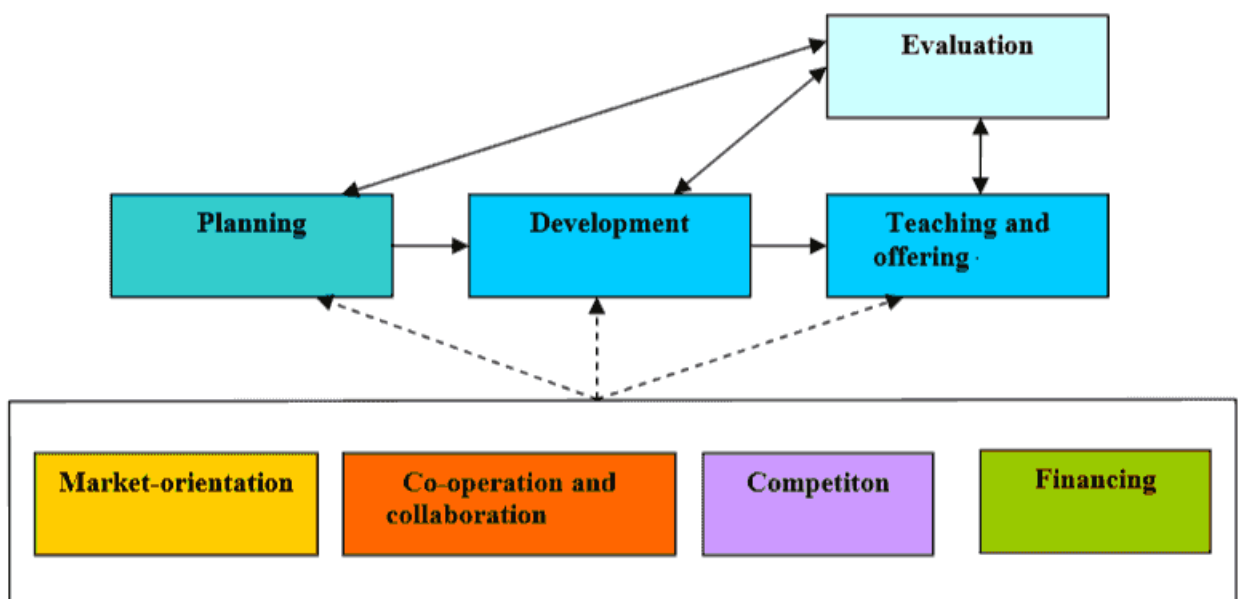


Рис. 1.14. Етапи організації мобільного навчання (за [60])

На *етапі планування* важливо отримати корисну інформацію про ринок, клієнтів та внутрішні ресурси. Ця інформація допоможе усвідомити критичні сфери та завдання електронного навчання, і як вони вплинуть на майбутні доходи та витрати. На цьому етапі розумно скласти документ, що містить всю відповідну інформацію, яку можливо знайти з самого початку. Якщо є відповіді, які неможливо отримати завчасно через занадто високі витрати або непевну інформацію, необхідно шукати правильні відповіді на наступних етапах. Зосередження на задоволенні споживачів освітніх послуг – студентів – компаній чи суспільства є запорукою успіху та запорукою економічної ефективності. Збільшення витрат на задоволення замовника повинно призвести до збільшення потенційного доходу через збільшення цін або збільшення кількості студентів, які навчаються за програмами електронного навчання.

При *розробці навчального курсу* (змісту навчання) необхідно дати відповідь на два питання: хто повинен розробляти зміст навчання і чим він повинен бути наповнений. Загальна вартість розробки залежить від багатьох факторів. Так, інвестування у високоякісний контент, створений сторонніми розробниками, приведе до задоволення клієнтів, але за умови значних витрат, особливо якщо викладачі не є компетентними в організації електронного навчання. Розробник повинен спрогнозувати потенційний дохід та намагатися знайти оптимальне співвідношення між інвестиціями у різні розробки та інновації, обираючи оптимальні рішення за співвідношенням доходів і витрат.

На *етапі реалізації навчального курсу* (у процесі його викладання та просування) необхідно:

- 1) визначити мету навчального курсу;
- 2) визначити цільову групу студентів: знання про студентів є найважливішим з точки зору ефективності та прибутковості. Викладач повинен залучати потрібних студентів до курсу – для того, щоб курс електронного навчання був рентабельним та економічно ефективним, має

бути цільова група, яка зацікавлена в тому, що викладач може запропонувати;

3) сформувати та підтримувати мотивацію студентів до навчання: мотивовані студенти, як правило, гарно розв'язують навчальні завдання та надають зворотний зв'язок з постачальником освітніх послуг щодо якості навчального контенту та процесу навчання. Також мотивовані студенти часто ефективно навчаються та отримують гарні результати, що сприяє підвищенню рентабельності навчального курсу;

4) обрати стратегію навчання, яка відповідає потребам студентів цільової групи, зосереджуючись на цілях навчання. Постачальник послуг електронного навчання може потенційно зекономити, обираючи стратегію навчання з використанням систем підтримки навчання (LMS – Learning Management System), за якої студенти можуть взаємодіяти з системою підтримки навчання та один з одним, а не тільки з викладачем;

5) підвищити компетентність викладача в електронному навчанні. Викладачі відіграватимуть важливу роль у розробці та наданні послуг електронного навчання, тому необхідно переконатися, що ті з них, хто бере участь у програмі електронного навчання, отримують відповідні знання та навички з його організації – без володіння ними вони не зможуть сприяти підвищенню його рентабельності;

6) переконатися, що викладачі розуміють фактори впливу на загальну вартість електронного навчання та власну роль – хибною є думка, що викладачі повинні зосереджуватися лише на педагогічних аспектах, тоді як адміністрація потурбується про витрати: такий підхід у більшості випадків не призведе до економічно ефективного електронного навчання;

7) обрати LMS, що надає необхідні засоби навчання. Якщо у навчальному закладі вже використовується LMS, можливо, доведеться скорегувати пропозицію навчальних курсів у відповідності до наявних інструментів. LMS з ефективним адмініструванням сприяє економії витрат. Слід урахувати, що навчання викладачів та персоналу, який використовує

LMS, часто може бути дорожчим, ніж придбання самої системи;

8) переконатися, що LMS можна інтегрувати з іншими адміністративними системами – навіть незначні корективи для підключення LMS до існуючих адміністративних систем можуть бути дуже вартісними. Важливо також, щоб LMS підтримувала загальні стандарти для обміну навчальними об'єктами, такі як SCORM;

9) переконатися, що LMS підтримує різні види діяльності студентів у навчальному курсі – забезпечення кожного з них потребує власних витрат, і викладач повинен намагатися їх знизити без втрат студентів у досягненні власних навчальних цілей та зниження рівня їх задоволеності. Мета повинна полягати у збільшенні кількості студентів за одночасного зниження витрат;

10) визначити форми та методи оцінювання відповідно до потреб студентів, навчальних цілей та особливостей навчальної діяльності у кожному електронному навчальному курсі. Дуже важливо, щоб студенти отримували інформацію про цілі навчання та форму оцінювання до початку навчання – це збільшить шанси, що студенти будуть задоволені та працюватимуть так, щоб отримати гарний рейтинг;

11) забезпечити зворотний зв'язок та моніторинг з метою з'ясування, чи є курс рентабельним та як він може стати більш економічно ефективним у майбутньому. Моніторинг повинен відбуватися на кожному етапі упровадження електронного навчального курсу. Вибір правильного способу оцінювання різних видів діяльності має вирішальне значення для отримання гарного зворотного зв'язку та унеможливлення витрат грошей на діяльність, що не призведе до зниження витрат та збільшення доходу [60, с. 49-50].

Автори [60] вказують на важливість правильної стратегії ціноутворення для постачальника послуг електронного навчання [60, с. 79]. Так, якщо постачальник працює на різних ринках та з різними цільовими групами, він повинен розглянути можливість надання їм курсів різної вартості. Постачальник має адаптуватися до ситуації на ринку при встановленні ціни та обчисленні витрат, усвідомлюючи, як можна поліпшити



співвідношення доходів та витрат шляхом коригування змінної та фіксованої вартості навчання. Загалом усі витрати, пов'язані з усіма діями в галузі електронного навчання, слід контролювати, намагаючись знайти нові способи зменшити витрати, зберігаючи або збільшуючи прибуток.

### **Висновки до розділу 1**

1. Проведений аналіз джерел з проблем навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів надав можливість визначити компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів як особистісно-професійне утворення, яке включає систему знань, умінь, навичок, досвід навчально-дослідницької діяльності з моделювання мехатронних систем та позитивне ціннісне ставлення до неї й виявляється в готовності та здатності до застосування методів та програмно-апаратних засобів моделювання для аналізу процесів, синтезу систем, оцінки їх надійності та ефективності для вирішення практичних проблем у професійній діяльності, та виокремити її складові: когнітивну – знання; праксеологічну – навички, уміння, досвід діяльності; аксіологічну – мотивація, ціннісне ставлення; інформаційно-комунікативну – комунікабельність, здатність до адаптації, здатність до інтеграції.

2. Система компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів включає в себе три групи компетенцій: загальнонаукові (у прикладній математиці; в інформаційно-комунікаційних технологіях; у фундаментальних науках), загальнопрофесійні (застосування різних способів подання моделей; критичне мислення; розв'язання професійних задач засобами ІКТ; у електричних машинах), спеціалізовано-професійні (у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів в них; у аналізі процесів в енергетичному обладнанні; у прийманні рішень по управлінню режимами електроенергетичних об'єктів та систем; у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних

системах та об'єктах; у моделюванні електромеханічних систем). Відповідно до виділеної у дослідженні структури підготовки з моделювання бакалаврів електромеханіки, формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів розпочинається у циклі математичної та природничо-наукової підготовки (провідними є загальнонаукові компетенції) і продовжується у циклі професійної та практичної підготовки (провідними є загальнопрофесійні та спеціалізовано-професійні компетенції).

3. Визначений зміст кожної компетенції бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів дозволив розробити критерії оцінювання їх сформованості за 4 компонентами (когнітивному, праксеологічному, аксіологічному, інформаційно-комунікативному) на 4 рівнях (рівні несформованості, низькому, середньому та високому). Використання визначених критеріїв оцінювання надає можливість визначити інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів. Ураховуючи, що найвищий рівень системності у процесі її формування досягається при підготовці до державної атестації (іспит, захист кваліфікаційної роботи), доцільним є при оцінюванні рівня сформованості ураховувати також її виявлення студентами під час державної атестації.

4. Аналіз досвіду професійної підготовки бакалаврів електромеханіки в Україні та закордоном надав можливість визначити, що однією із провідних тенденцій її модернізації є синергетична інтеграція різних галузей інженерії (механічної, електричної, електронної інженерія та автоматизації) з метою проєктування, виготовлення, експлуатації та технічного обслуговування електромеханічного обладнання. Такий підхід, що отримав назву мехатроніки, передбачає змістову інтеграцію різних дисциплін професійно-практичної підготовки бакалаврів електромеханіки на основі концепції моделювання та технологічну інтеграцію різних форм організації та методів навчання на основі концепції мобільності. Показано, що за такого підходу провідними засобами формування компетентності бакалавра

електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів стають мобільні інтернет-пристрої – мультимедійні мобільні пристрої, що надають бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних. Проілюстровано основні можливості використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні з метою забезпечення рівного доступу до освіти, персоналізації навчання, миттєвого зворотного зв'язку і оцінки результатів навчання, організації мобільного навчання, ефективного використання часу в навчальних аудиторіях, формування мобільних навчальних спільнот, підтримки ситуаційного навчання, розвитку неперервного «безшовного» навчання, забезпечення зв'язку між формальним і неформальним навчанням, мінімізації наслідків руйнування освітнього процесу в зонах військових конфліктів або стихійних лих, допомоги у навчанні особам з особливими освітніми потребами, підвищення якості комунікації та управління навчальним закладом, максимізації ефективності витрат.

Основні результати першого розділу опубліковано у роботах [153; 156; 160; 162; 163; 164; 167].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-ПРИСТРОЇВ У НАВЧАННІ БАКАЛАВРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

#### 2.1 Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів

Розробка методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів вимагала проведення попереднього аналізу професійної підготовки бакалаврів електромеханіки, проектування структури, змісту та критеріїв сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, а також дослідження потенційних можливостей використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні. Результатом проведеної роботи стала модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів (рис. 2.1).

Структурно модель складається із двох оболонок – зовнішньої та внутрішньої.

До зовнішньої оболонки входять дві групи факторів, що визначають доцільність та необхідність розробки методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів: суспільно значущі та значущі для розвитку виробництва. Провідний фактор першої групи – це *суспільне замовлення на підготовку компетентних фахівців* в галузі електромеханіки, адже саме вони забезпечують безперервне функціонування електричних, транспортних та інших мереж і засобів, необхідних для забезпечення потреб людини. Провідний фактор другої групи – потреба у *сталому розвитку промисловості*, який є запорукою технологічного та економічного добробуту країни. Підтримання конкурентоздатності вітчизняної промисловості вимагає зменшення витрат

на енергоресурси, підвищення продуктивності праці за рахунок її *інтелектуалізації та автоматизації*, забезпечення інноваційності продукції на основі *інтеграції різних галузей інженерної діяльності*, у тому числі комп'ютерної інженерії. Разом фактори обох груп визначають потребу в *модернізації професійної підготовки бакалаврів електромеханіки у ЗВО України*.

Для задоволення цієї потреби доцільним є використання п'яти основних підходів:

– *компетентнісний підхід* було обрано не лише у зв'язку із нормативною вимогою стандартів вищої освіти до формування результатів підготовки у термінах компетентностей: як показало вивчення зарубіжного досвіду, матриці компетентностей є зручним засобом діагностики придатності працівника до виконання необхідних виробничих функцій на певному наперед визначеному рівні;

– *системний підхід* передбачає комплексне формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, компоненти якої утворюють систему загальнонаукових, загальнопрофесійних та спеціалізовано-професійних компетентностей. Крім цього, систему утворюють мета, зміст та технологія використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів;

– *міждисциплінарний підхід* застосовано насамперед у зв'язку з міждисциплінарним характером формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів;

– *модельний підхід* було обрано у зв'язку із зростаючою складністю сучасних технічних об'єктів, із якими працює інженер-електромеханік, та неможливістю їх повного охоплення без попереднього модельного спрощення. Крім того, модельний підхід є основою навчання фундаментальних природничих дисциплін, необхідних для формування загальнонаукових компетентностей, а відповідний математичний апарат виступає основним способом подання моделей технічних об'єктів;

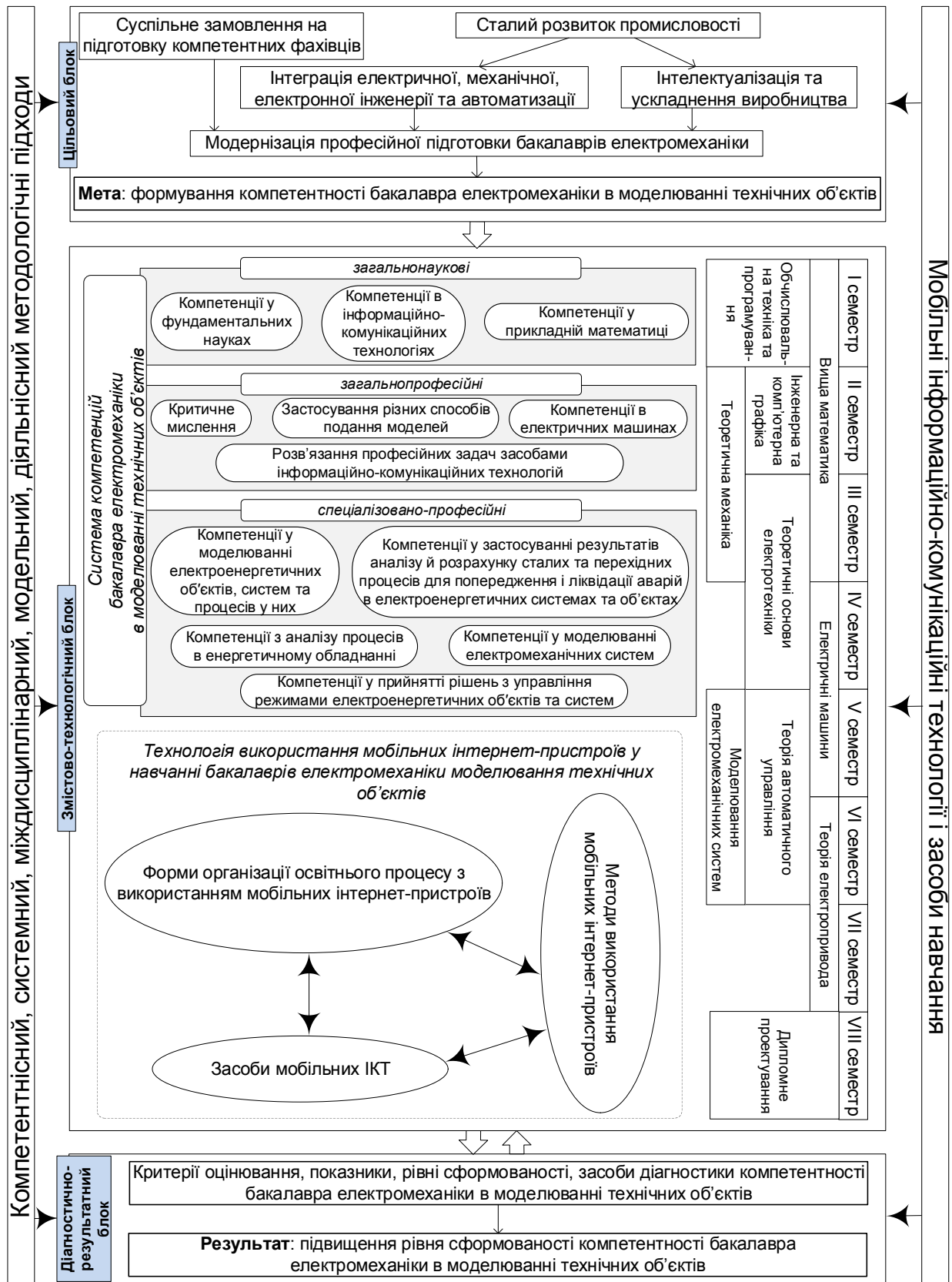


Рис. 2.1. Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів

– *діяльнісний підхід* є основним методологічним підходом, покладеним в основу професійної підготовки бакалаврів електромеханіки: саме через цілеспрямовану спільну діяльність викладачів та студентів з використанням мобільних інтернет-пристроїв відбувається формування та розвиток професійно-особистісного утворення – компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

Інтеграційною основою підготовки інженера-електромеханіка згідно обраних підходів є інформаційно-комунікаційні технології. Вимога забезпечення мобільності професійної діяльності інженера-електромеханіка із обслуговування віддалених вузлів та обладнання потребує застосування таких ІКТ, що надають можливість розгортання повноцінного мобільного робочого місця – засобів доповненої реальності, які у процесі професійної підготовки реалізуються за допомогою *мобільних ІКТ (насамперед мобільних інтернет-пристроїв) і засобів навчання*.

Внутрішня оболонка складається із трьох блоків – цільового, змістово-технологічного та діагностично-результатного.

*Цільовий блок* моделі конкретизує мету: формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів. Формулювання мети базується на обраних підходах (зокрема, компетентнісному, модельному та діяльнісному) і виокремлених факторах (зокрема, потреби у модернізації професійної підготовки інженерів-електромеханіків в умовах ускладнення виробництва, а також інтеграції електричної, механічної, електронної інженерії та автоматизації).

*Змістово-технологічний блок* реалізується протягом усієї професійної підготовки бакалавра електромеханіки. У правій частині блоку показано розподіл по семестрах *змісту навчання*, що сприяє формуванню окремих складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

Провідними для формування загальнонаукових компетенцій:

– у прикладній математиці є зміст навчальних дисциплін «Вища

математика» та «Обчислювальна техніка та програмування» (1-3 семестри);

– в інформаційно-комунікаційних технологіях зміст навчальних дисциплін «Обчислювальна техніка та програмування» та «Інженерна та комп'ютерна графіка» (1-2 семестри);

– у фундаментальних науках є зміст навчальних дисциплін «Вища математика», «Теоретична механіка» та «Електричні машини» (1-5 семестри).

Таким чином, формування загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відбувається переважно у першій половині професійної підготовки бакалавра електромеханіки.

Провідними для формування загальнопрофесійних компетенцій:

– із розв'язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій є зміст навчальних дисциплін «Обчислювальна техніка та програмування» (1 семестр), «Теорія автоматичного управління» та «Моделювання електромеханічних систем» (4-5 семестри);

– у електричних машинах є зміст навчальної дисципліни «Електричні машини» (4-5 семестри).

Для таких загальнопрофесійних компетенцій, як компетенції із застосування різних способів подання моделей та компетенції із критичного мислення, не можна виокремити провідні навчальні дисципліни – формування цих складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відбувається протягом усієї професійної підготовки бакалавра електромеханіки.

Провідними для формування спеціалізовано-професійних компетенцій:

– у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них й у моделюванні електромеханічних систем є зміст навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» (4-5 семестри);

– з аналізу процесів в енергетичному обладнанні є зміст навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (3-4 семестри);



– у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем й у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах є зміст навчальних дисциплін «Теорія автоматичного управління» та «Теорія електропривода» (4-7 семестри).

Таким чином, формування спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відбувається переважно у другій половині професійної підготовки бакалавра електромеханіки.

Дипломне проєктування (виконання кваліфікаційної роботи бакалавра) є завершальною частиною професійної підготовки бакалавра електромеханіки, в ході якої студент розв'язує спеціалізоване завдання або практичну проблему у галузі електромеханіки. Це передбачає проведення дослідження існуючих розв'язків завдання або проблеми, розробка нового технічного рішення та його моделювання, що вимагає застосування усіх складових сформованої компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів. У зв'язку із цим оцінка дипломного проєкту є відображенням рівня сформованості відповідної компетентності.

*Технологія* використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів складається із взаємопов'язаних форм організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв, методів використання мобільних інтернет-пристроїв та засобів мобільних ІКТ.

*Діагностично-результатний блок* містить критерії оцінювання, показники, рівні сформованості та засоби діагностики компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, необхідні для перевірки досягнення результату – підвищення рівня сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів. Даний блок є взаємопов'язаним із попереднім – діагностика

виконується на всіх етапах реалізації технологія використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

Реалізацією технології використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів є відповідна методика використання, складовими якої є:

– методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів;

– методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів;

– методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

## **2.2 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Серед високомобільних інтернет-пристроїв одними із найбільш поширених є смартфони. Згідно даних [48], станом на початок 2018 року в Україні операційні системи високомобільних інтернет-пристроїв займали наступні частини ринку: Android – 76,76 %, iOS – 18,78%, всі інші (SymbianOS, Windows та ін.) – 4,62 %. Починаючи з листопада 2012 року, частки SymbianOS та Android зрівнялись, і донині частка Android на вітчизняному ринку мобільних операційних систем стабільно зростає, сягаючи 80,49 % у липні 2018 року (рис. 2.2). Аналогічний аналіз по різних регіонах світу показує подібну тенденцію, що надає можливість без втрати загальності проілюструвати положення розробленої методики з використанням програмних засобів під управлінням операційної системи

## Android.

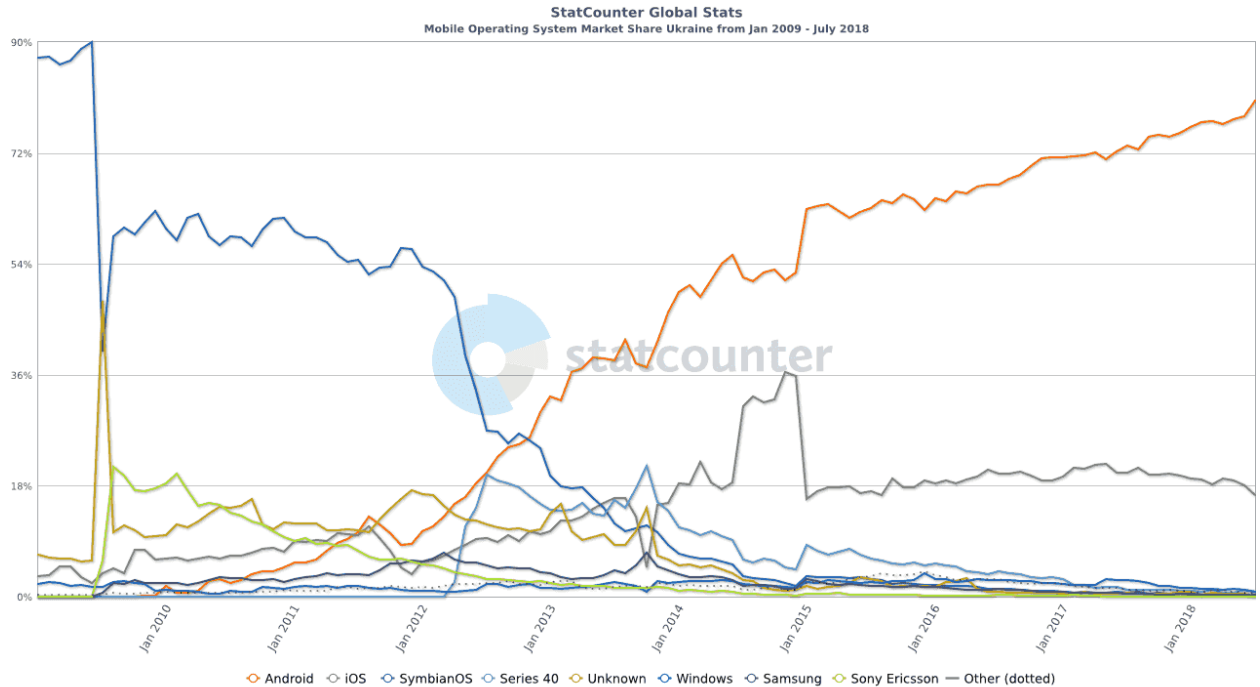


Рис. 2.2. Поширення операційних систем мобільних інтернет-пристроїв в Україні (2009-2018 рр.)

Формування такої загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенції в інформаційно-комунікаційних технологіях*, передбачає набуття студентами базових знань в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій; навичок використання програмних засобів і навичок роботи в комп'ютерних мережах, системах передавання даних, умінь створювати бази даних і використовувати Інтернет-ресурси; умінь використовувати системи програмування, математичні пакети, бібліотеки підпрограм, тощо.

Для опрацювання табличних даних в курсі «Обчислювальна техніка та програмування» можна використати різні вільно поширювані засоби, що несуттєво відрізняються функціональністю. Так, у змістовому модулі 2 «Організація обчислень у середовищі електронних таблиць» Google Таблиці [46] надають можливість:

- створювати нові таблиці й редагувати наявні;
- надавати доступ до таблиць і редагувати їх у реальному часі разом з

іншими користувачами;

- працювати будь-де й будь-коли, навіть у режимі офлайн;

- додавати коментарі й відповідати на них;

- змінювати формат клітинок, вводити й сортувати дані, переглядати графіки, вставляти формули, користуватися функцією «Знайти й замінити» тощо;

- не турбуватися про втрату файлів – усі зміни зберігаються автоматично;

- швидко отримувати статистику, вставляти графіки та застосовувати форматування за допомогою функції «Огляд»;

- відкривати, редагувати й зберігати файли у форматі Excel [32].

Останні дії більш природно виконувати за допомогою табличного процесора Microsoft Excel, мобільна версія якого за функціональністю не поступається десктопній [50]. Microsoft Excel містить велику кількість шаблонів, що надають змогу швидко створювати тематичні таблиці. Особливістю версії Microsoft Excel для мобільних інтернет-пристроїв із сенсорним керуванням є можливість виконання креслень, додавання рукописних зауважень та математичних формул за допомогою знарядь вкладки «Малювання» (рис. 2.3). Так само, як і Google Таблиці, Microsoft Excel надає спільний доступ до файлів для перегляду, редагування та коментування.

Незважаючи на те, що Microsoft Excel є комерційним продуктом, для найбільш поширених високомобільних інтернет-пристроїв із розміром екрана 10,1 дюйма або менше ліцензійна угода Microsoft передбачає створення безкоштовного облікового запису, використання якого надає можливість створювати та редагувати документи на пристроях. Крім того, у навчанні змістового модуля 3 «Макроси. Автоматизація обчислень» Microsoft Excel є більш зручним засобом, ніж Google Таблиці. Зокрема, лабораторна робота 5 «Побудова макросів» передбачає виконання апроксимації функцій, побудову лінії тренду та статистичне опрацювання експериментальних даних.

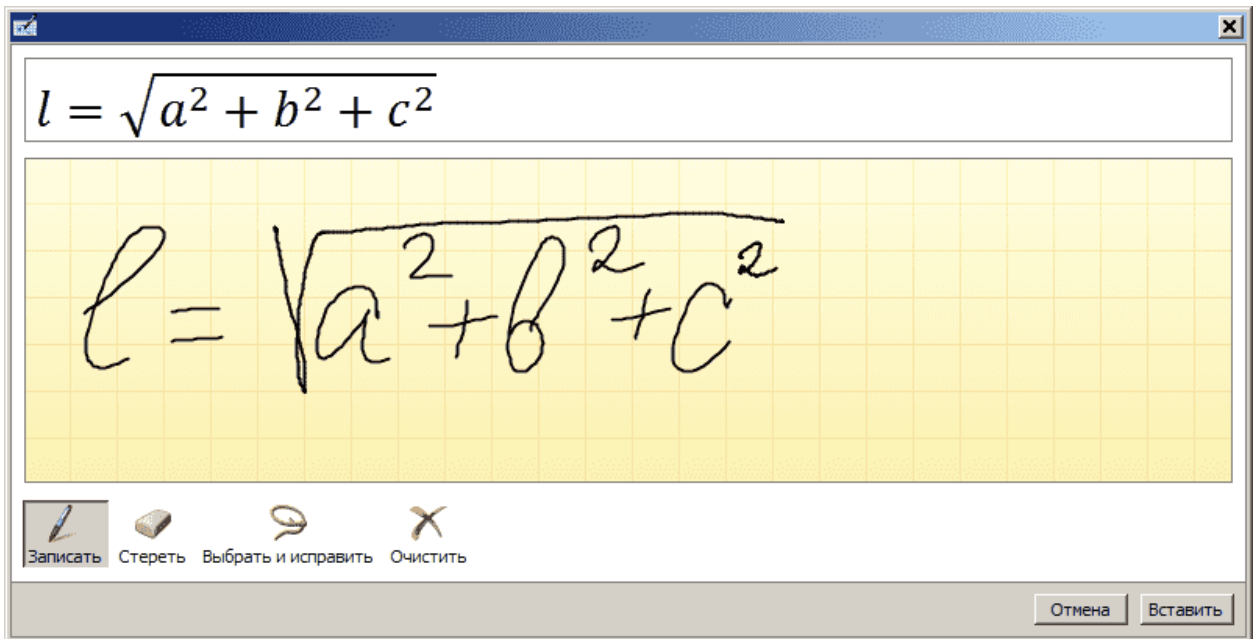


Рис. 2.3. Вставка рукописної формули у Microsoft Word 2016

Розпочати виконання лабораторної роботи можна на будь-якому мобільному інтернет-пристрої, наприклад, планшеті під управлінням як Android, так й Windows 10 – версія Microsoft Excel, що входить до складу пакету Office 365, вільно доступного для навчальних закладів, з однаковою функціональністю працює під управлінням обох мобільних операційних систем.

Для початку роботи із Visual Basic for Application у Microsoft Excel необхідно виконати початкове налаштування табличного процесору, надавши студентам доступ до засобів розробки (рис. 2.4).

Далі створюємо робочу книгу Microsoft Excel. Нова книга за замовчанням містить три робочі аркуші. Додамо до них ще два, надавши їм відповідно ім'я: «Data», «X», «~X», «(~X)X», «(~X)Y», «SLAE». Вибір імен є обґрунтованим використовуваною моделлю апроксимації результатів експерименту за методом найменших квадратів.

У перших двох стовпцях аркушу «Data» розташуємо експериментальні дані – стовпець незалежних змінних  $x_{\text{експ}}$  та стовпець залежних змінних  $y_{\text{експ}}$ :

A1  $x_{\text{експ}}$

B1  $y_{\text{експ}}$

A2:A12 вносяться 11 значень  $x_{\text{експ}}$

B2:B12 вносяться відповідні їм 11 значень  $y_{\text{експ}}$

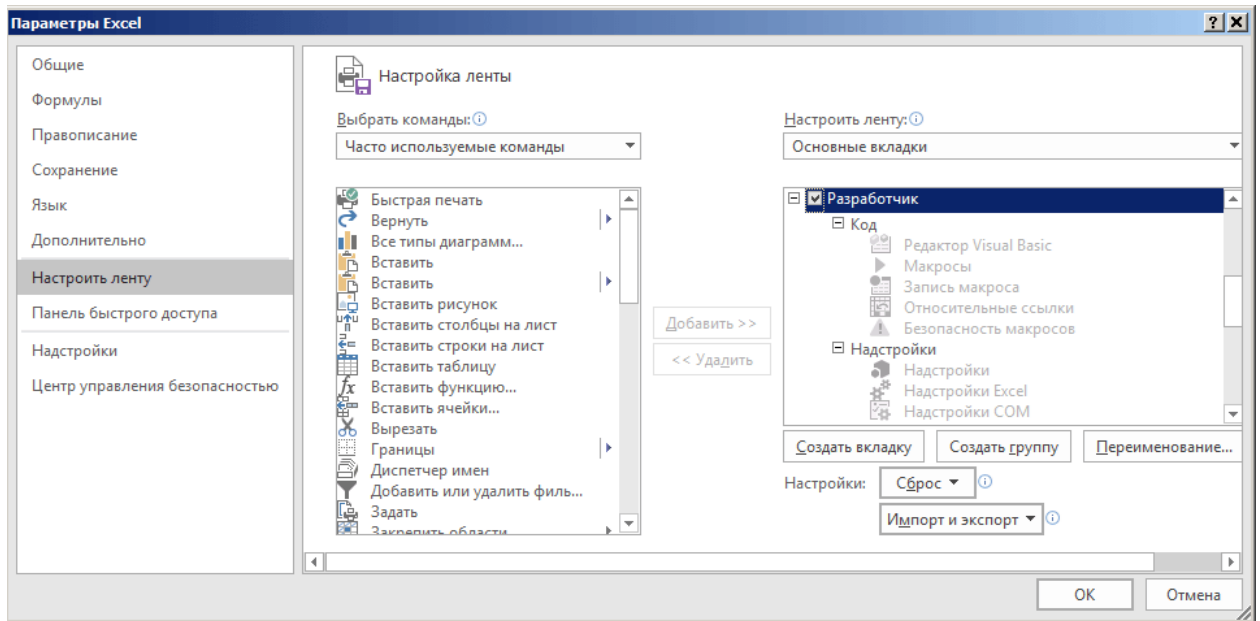


Рис. 2.4. Налаштування панелі розробника у Microsoft Excel

11 не є фіксованим значенням – кількість точок задається у відповідних комірках аркушу «Data»:

E1 Кількість точок

F1 ціле число, що визначає кількість експериментальних даних

У якості моделі наближення даних використаємо апроксимацію поліномом виду:

$$y_{\text{обч}} = a_0 + a_1x_{\text{експ}} + a_2x_{\text{експ}}^2 + a_3x_{\text{експ}}^3 + a_4x_{\text{експ}}^4 + a_5x_{\text{експ}}^5 + a_6x_{\text{експ}}^6 + \dots + a_{10}x_{\text{експ}}^{10}$$

10 є максимальним ступенем поліному – для вибору меншого задамо його у відповідних комірках аркушу «Data»:

E2 Порядок поліному

F2 ціле число від 1 до 10, що є порядком поліному

Відповідно до обраної моделі, порядок поліному не повинен бути рівним або меншим кількості точок експериментальних даних – у першому випадку замість апроксимації отримуємо інтерполяцію, а у другому модель просто не буде працездатною. Позначення коефіцієнтів ( $a_0, a_1, \dots, a_{10}$ ) розташуємо у діапазоні E4:E14.

Обчислене значення поліному розташуємо у комірках стовпця C:

$$C1 \quad y_{\text{обч}}$$

$$C2 \quad =\$F\$4+\$F\$5*A2+\$F\$6*(A2^2)+\$F\$7*(A2^3)+\$F\$8*(A2^4)+ \\ \$F\$9*(A2^5)+\$F\$10*(A2^6)+\$F\$11*(A2^7)+\$F\$12*(A2^8)+ \\ \$F\$13*(A2^9)+\$F\$14*(A2^{10})$$

Комірка C2 копіюється у наступні комірки (C3 і т. д.) стільки разів, скільки буде експериментальних точок (точніше, на один раз менше).

Для визначення відхилення експериментальних даних  $y_{\text{експ}}$  від апроксимованих  $y_{\text{обч}}$  використаємо квадрат їх різниці:

$$D1 \quad (y_{\text{обч}} - y_{\text{експ}})^2$$

$$D2 \quad =(C2-B2)^2$$

Комірка D2 копіюється у наступні комірки (D3 і т. д.) стільки ж разів, скільки це було зроблено у попередньому випадку.

На цьому початкове заповнення вихідних даних та обчислювальних формул завершено. Наступним кроком є реалізація методу найменших квадратів засобами Visual Basic for Application. Виклик відповідної програми реалізуватимемо за подією «зміна значень на робочому аркуші» (Worksheet\_Change). Ураховуючи, що користувач може змінювати вихідні дані швидше, ніж виконуватиметься розрахунок, необхідно убезпечитись від нового виклику обчислювальної підпрограми до завершення поточних обчислень. Для цього створимо відповідну змінну:

```
Public recursion As Byte
```

Worksheet\_Change є підпрограмою, що викликається при зміні значень на робочому аркуші:

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Excel.Range)
    If recursion = 0 Then
        recursion = 1
        Call createx
        Call transpx
        Call xtmulx
        Call xtmuly
        Call solve
        recursion = 0
    End If
End Sub
```

Послідовні виклики всіх інших процедур виконуються з `Worksheet_Change` лише за умови її нерекурсивного невиконання. Кожна із процедур розміщує дані на власному робочому аркуші для того, щоб користувач міг перевірити правильність реалізованого алгоритму.

На першому кроці алгоритму із стовпця з експериментальними даними  $x_{\text{експ}}$  створюється матриця  $X$ , кількість рядків якої дорівнює кількості точок експериментальних даних, а кількість стовпців – порядку поліному + 1. У перший стовець матриці  $X$  вносяться дані стовпця  $x_{\text{експ}}$ , піднесені до обраного порядку поліному, у другий – ті ж самі дані, піднесені до обраного порядку поліному – 1, у третій – ті ж самі дані, піднесені до обраного порядку поліному – 2 і т. д. За правильного виконання цих дій останній стовець матриці  $X$  міститиме дані  $x_{\text{експ}}$ , піднесені до нульового степеня, тобто одиниці:

```
Private Sub createx()
    n = Range("Data!$f$1").Value
    p = Range("Data!$f$2").Value
    For i = 1 To n
        For j = p To 0 Step -1
            Worksheets("X").Cells(i, p - j + 1).Value =
                (Worksheets("Data").Cells(1 + i, 1).Value) ^ j
        Next j
    Next i
End Sub
```

Другий крок алгоритму передбачає транспонування матриці  $X$ . Незважаючи на те, що Microsoft Excel надає вбудовану функцію транспонування даних, відповідна підпрограма ілюструє копіювання даних з робочого аркуша «X» на аркуш «~X»:

```
Private Sub transpx()
    n = Range("Data!$f$1").Value
    p = Range("Data!$f$2").Value
    For i = 1 To n
        For j = 1 To p + 1
            Worksheets("~X").Cells(j, i) = Worksheets("X").Cells(i, j)
        Next j
    Next i
End Sub
```

Третій крок алгоритму передбачає побудову основної матриці системи нормальних рівнянь, що утворюється множенням транспонованої матриці з



аркушу «~X» на вихідну матрицю **X**. Аналіз коду підпрограму надає можливість зробити висновок про те, що процедура множення матриць може бути виражена через ряд скалярних добутків вектор-рядків на вектор-стовпці:

```
Private Sub xtmulx()
    n = Range("Data!$f$1").Value
    p = Range("Data!$f$2").Value
    For k = 1 To p + 1
        For j = 1 To p + 1
            s = 0
            For i = 1 To n
                s = s + Worksheets("~X").Cells(k, i).Value
                    * Worksheets("X").Cells(i, j).Value
            Next i
            Worksheets("(~X)X").Cells(k, j).Value = s
        Next j
    Next k
End Sub
```

Четвертий крок алгоритму необхідний для визначення правої частини системи нормальних рівнянь – стовпця вільних членів, що утворюється шляхом множення транспонованої матриці **X**, розташованої на аркуші «~X», на матрицю-стовпець **Y**, утвореної з даних стовпця  $y_{\text{експ}}$ :

```
Private Sub xtmuly()
    n = Range("Data!$f$1").Value
    p = Range("Data!$f$2").Value
    For k = 1 To p + 1
        s = 0
        For i = 1 To n
            s = s + Worksheets("~X").Cells(k, i).Value
                * Worksheets("Data").Cells(1 + i, 2).Value
        Next i
        Worksheets("(~X)Y").Cells(k, 1).Value = s
    Next k
End Sub
```

Останній крок алгоритму – розв’язання сформованої нормальної системи лінійних алгебраїчних рівнянь із лівою частиною, розташованою на аркуші «(~X)X», та правою частиною із аркушу «(~X)Y». Результати розв’язання системи і є невідомими коефіцієнтами поліному:

```
Private Sub solve()
    srow = Range("Data!$f$2").Value + 1
    scol = srow + 1
    For i = 1 To srow
        For j = 1 To srow
            Worksheets("SLAE").Cells(i, j) = Worksheets("(~X)X").Cells(i, j)
        Next j
        Worksheets("SLAE").Cells(i, j) = Worksheets("(~X)Y").Cells(i, 1)
    Next i
End Sub
```

```

Next i
Rem вибір головного елементу
For i = 1 To srow
    emax = Worksheets("SLAE").Cells(1, i).Value
    num = i
    For j = i To srow
        If Abs(Worksheets("SLAE").Cells(j, i).Value) > Abs(emax) Then
            emax = Abs(Worksheets("SLAE").Cells(j, i).Value)
            num = j
        End If
    Next j
    If num <> i Then
        For k = 1 To scol
            temp = Worksheets("SLAE").Cells(num, k)
            Worksheets("SLAE").Cells(num, k) = Worksheets("SLAE").Cells(i, k)
            Worksheets("SLAE").Cells(i, k) = temp
        Next k
    End If
Next i
For i = 1 To srow
    If Worksheets("SLAE").Cells(i, i).Value = 0 Then
        MsgBox ("Можливо, матриця вироджена")
    End If
Next i
Rem прямий хід Гауса
For i = 1 To srow
    sw = Worksheets("SLAE").Cells(i, i).Value
    For j = 1 To scol
        Worksheets("SLAE").Cells(i, j).Value =
            Worksheets("SLAE").Cells(i, j).Value / sw
    Next j
    For k = i + 1 To srow
        c = Worksheets("SLAE").Cells(k, i).Value
        For j = 1 To scol
            Worksheets("SLAE").Cells(k, j).Value =
                Worksheets("SLAE").Cells(k, j).Value -
                Worksheets("SLAE").Cells(i, j).Value * c
        Next j
    Next k
Next i
Rem обернений хід Гауса
For i = srow - 1 To 1 Step -1
    s = 0
    For j = i + 1 To srow
        s = s + Worksheets("SLAE").Cells(i, j).Value
            * Worksheets("SLAE").Cells(j, scol).Value
    Next j
    Worksheets("SLAE").Cells(i, scol).Value =
        Worksheets("SLAE").Cells(i, scol).Value - s
Next i
Rem переписуємо результати на перший аркуш
For i = 4 To 14
    Worksheets("Data").Cells(i, 6) = ""
Next i
For i = srow To 1 Step -1
    Worksheets("Data").Cells(srow - i + 4, 6) =
        Worksheets("SLAE").Cells(i, scol)
Next i

```

End Sub

Остання процедура реалізує метод Гауса для розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь, теоретичні основи якого на момент виконання лабораторної роботи (рис. 2.5) студентами вже засвоєно у курсі вищої математики.

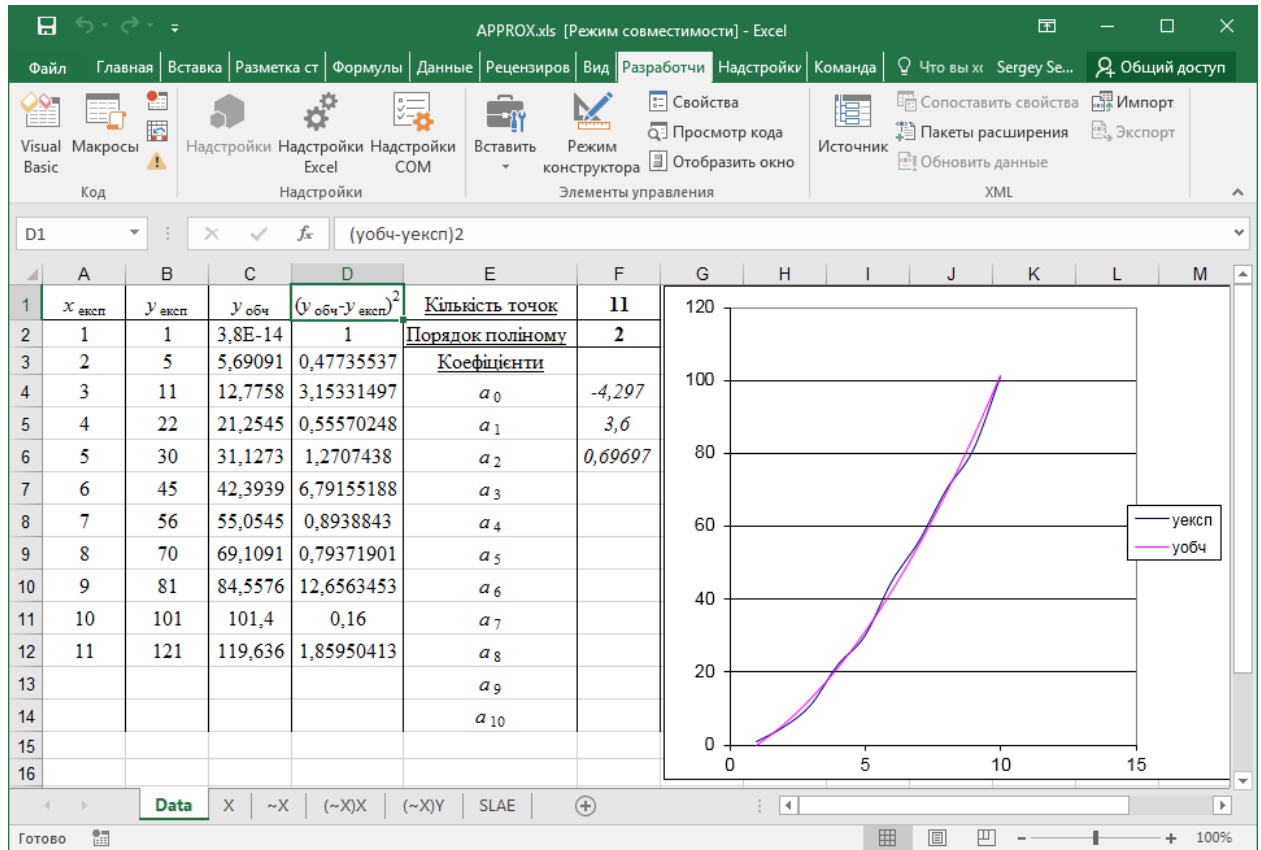


Рис. 2.5. Результат виконання лабораторної роботи «Побудова макросів»

Зауважимо, що обидва табличні процесори надають можливість виконувати дії як на стаціонарних, так й на мобільних інтернет-пристроях, що створює умови для їх використання за різними формами організації освітнього процесу. Так, на лекції з «Обчислювальної техніки та програмування» викладач може демонструвати роботу в табличному процесорі, надавши студентам спільний доступ до редагованого документу. За такого підходу роль останніх змінюється з пасивного спостерігача на активного учасника (рис. 2.6).

Для опрацювання текстових даних в курсі «Обчислювальна техніка та програмування» можна використати різні вільно поширювані засоби, що

суттєво відрізняються функціональністю – від найпростіших текстових редакторів до просунутих текстових процесорів.

The image shows a Google Sheets interface. At the top, there's a header with a back arrow, the date and time '21 лютого, 10:20', and a button 'ВІДНОВИТИ ЦЮ ВЕРСІЮ'. Below this is a menu bar with 'Спеціальні можливості' and 'Усього: 36 змін'. The main area is a spreadsheet with columns A-M and rows 1-22. The data is color-coded by user. On the right, there's a 'Історія версій' sidebar with a toggle 'Показувати лише версії з назвами'. The sidebar lists several versions: '21 лютого, 10:20' (multiple users), '14 лютого, 11:01' (Олександра Жук), '14 лютого, 10:22' (multiple users), and '14 лютого, 09:22' (Юлія Мельниченко). At the bottom, there's a status bar with '21\_02\_2018', 'Solver', and '14\_02\_2018', along with a checkbox 'Показати зміни'.

Рис. 2.6. Відстеження дій студентів у процесі спільної роботи в Google Таблиці

До першої категорії відносяться QuickEdit Text Editor, що надає можливість виділення кольором елементів синтаксису більш ніж 50 мов програмування, Text Editor виробництва Byte Mobile для редагування HTML-файлів та ін.

До другої категорії відносяться текстові процесори, серед яких можна виокремити Google Документи [31], що надають для текстових документів можливості, еквівалентні до тих, що надають Google Таблиці, та додатково – можливість відкривати, редагувати й зберігати документи у форматі Microsoft Word (рис. 2.7).

Друга навчальна дисципліна, у навчанні якої відбувається формування такої загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як компетенції в інформаційно-

комунікаційних технологіях, – це «Інженерна та комп'ютерна графіка». У даній навчальній дисципліні бакалаври електромеханіки навчаються виражати технічні ідеї за допомогою креслення. Так, у результаті вивчення дисципліни студент повинен знати правила виконання та читання конструкторської і технологічної документації, вміти виконувати і читати креслення технічних об'єктів, оформляти технологічну і конструкторську документацію згідно діючих стандартів.

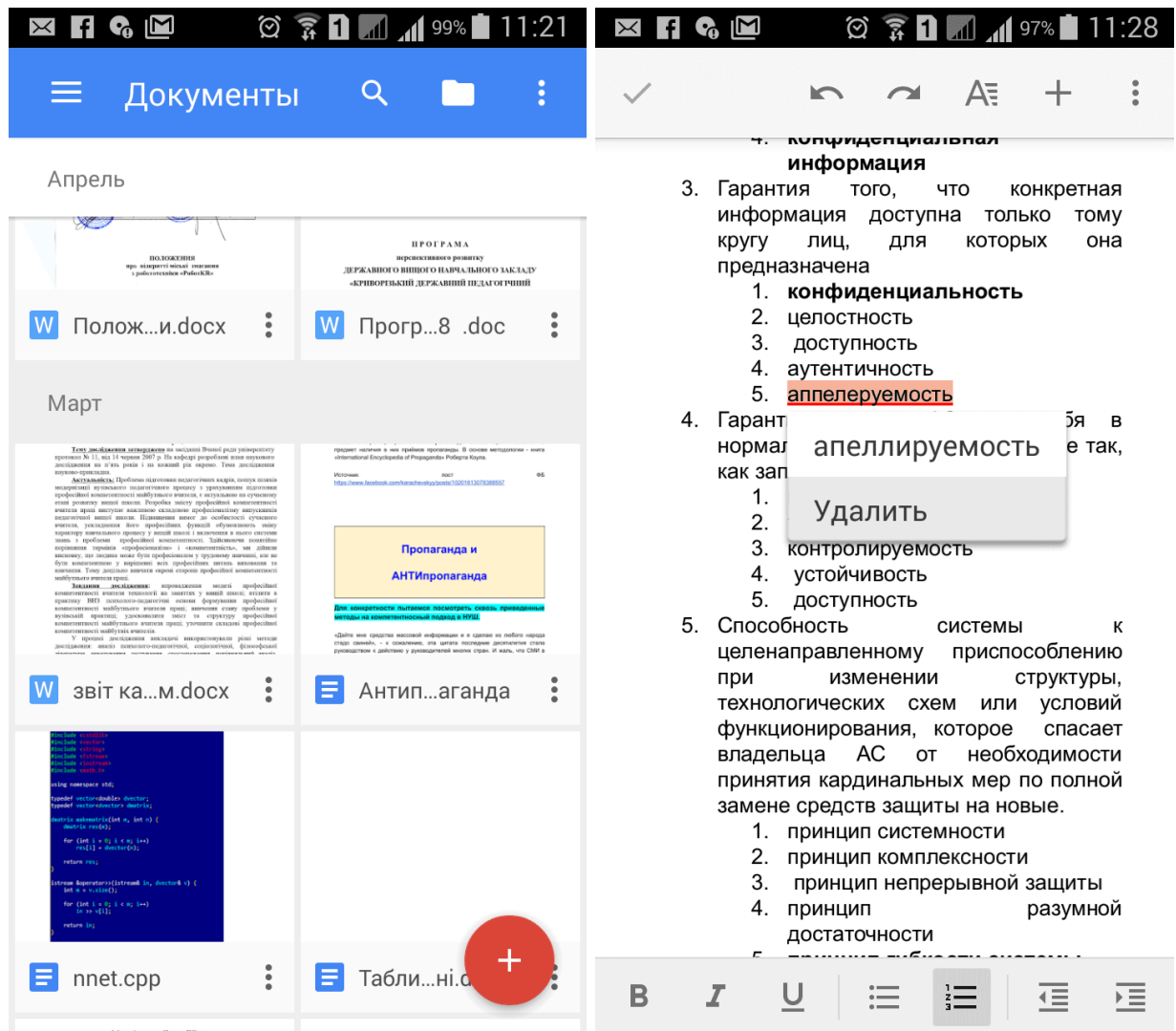


Рис. 2.7. Перегляд та редагування документів Microsoft Word у Google

## Документи

М. В. Рассовицькою та А. М. Стрюком за результатами дослідження більше 30 мобільних програмних засобів навчання інженерної та комп'ютерної графіки [62] було запропонована модель комплексного

використання засобів Autodesk у процесі професійної підготовки (рис. 2.8).

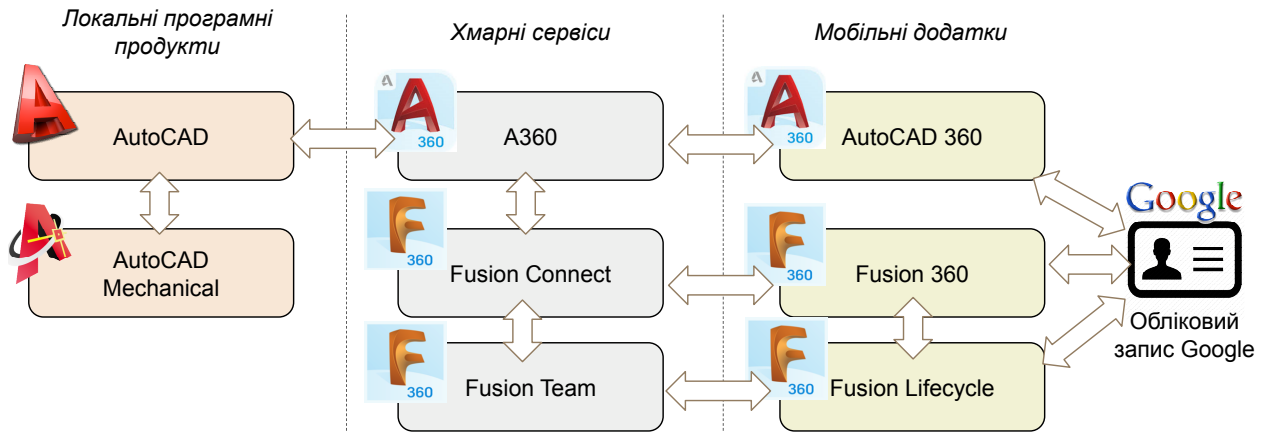


Рис. 2.8. Комплексне використання продуктів Autodesk у навчанні майбутніх фахівців з механіки (за [62, с. 358])

Для бакалаврів електромеханіки запропонована модель може бути модифікована: замість AutoCAD Mechanical пропонуємо використовувати Electrical (раніше – AutoCAD Electrical) [27], методику використання якого для проектування електричних схем описано у [123]. Використання Electrical у навчанні інженерної та комп'ютерної графіки бакалаврів електромеханіки надає можливість формування навичок схмотехнічного проектування, створення якісної документація до електричних схем, спільної роботи з потенційними замовниками і постачальниками, управління електромеханічними проектами та ін. До складу Electrical входять бібліотеки графічних образів для електричних схем та засоби перевірки помилок, що надають можливість виявлення проблем до початку етапу побудови проектованої технічної системи. Розробники Electrical вказують, що він підтримує інтеграцію з Autodesk Inventor, а обидва засоби разом утворюють інтегроване рішення для проектування мехатронних систем.

Для навчальних закладів Autodesk надає під спеціальною вільною освітньою ліцензією (free education license) версії Autodesk Inventor, призначені виключно для використання студентами та викладачами в освітніх цілях. Функціонально така версія Autodesk Inventor нічим не відрізняється від повної, за одним винятком: всі файли, створені або

відредаговані в ній, мають спеціальну позначку (так званий educational flag), яка буде розміщена на всіх видах.

Для мобільних інтернет-пристроїв під управлінням Android станом на 2018 рік доступні такі засоби Autodesk:

AutoCAD - DWG Viewer & Editor [5] – мобільна версія основного продукту Autodesk – AutoCAD: програма перегляду файлів у форматі DWG із зручними інструментами креслення та редагування, які надають можливість переглядати, створювати, редагувати та публікувати схеми та креслення AutoCAD на мобільних інтернет-пристроях. Мобільний AutoCAD може працювати спільно із десктопними версіями, що надає можливість безперервної роботи у спеціалізованому комп'ютерному класі, аудиторії загального призначення, вдома та у дорозі (рис. 2.9).

Порівняно з десктопною версією мобільний AutoCAD надає можливість:

- відкривати та переглядати файли креслень з електронної пошти або зовнішнього хмарного сховища, такого як Google Drive, Dropbox та OneDrive;
- масштабування і панорамування, що дозволяє працювати на пристроях з різною роздільною здатністю;
- роботи в автономному режимі та синхронізації змін у онлайн-режимі;
- спільного використання файлів проєкту;
- зберігання креслень у хмарному сховищі Autodesk та ін.

Всі нові користувачі мобільного AutoCAD автоматично отримують безкоштовну пробну версію преміум-версії на 7 днів, а студенти можуть підписатися на преміум-план безоплатно.

A360 - View CAD files [6] є спеціалізованим переглядачем різних 2D та 3D моделей, створених у AutoCAD (DWG), DWF, Inventor (IPT, IAM, IDW), Revit (RVT), SolidWorks (SLDPRT, SLDASM, ASM), Navisworks (NWD, NWC), CATIA (CATPART, CATPRODUCT), Fusion 360 (F3D) та інших. Зберігати файли моделей можна у однойменній хмарі Autodesk – <https://a360.autodesk.com>. Це надає додаткові можливості для організації

спільної роботи над моделями (рис. 2.10).

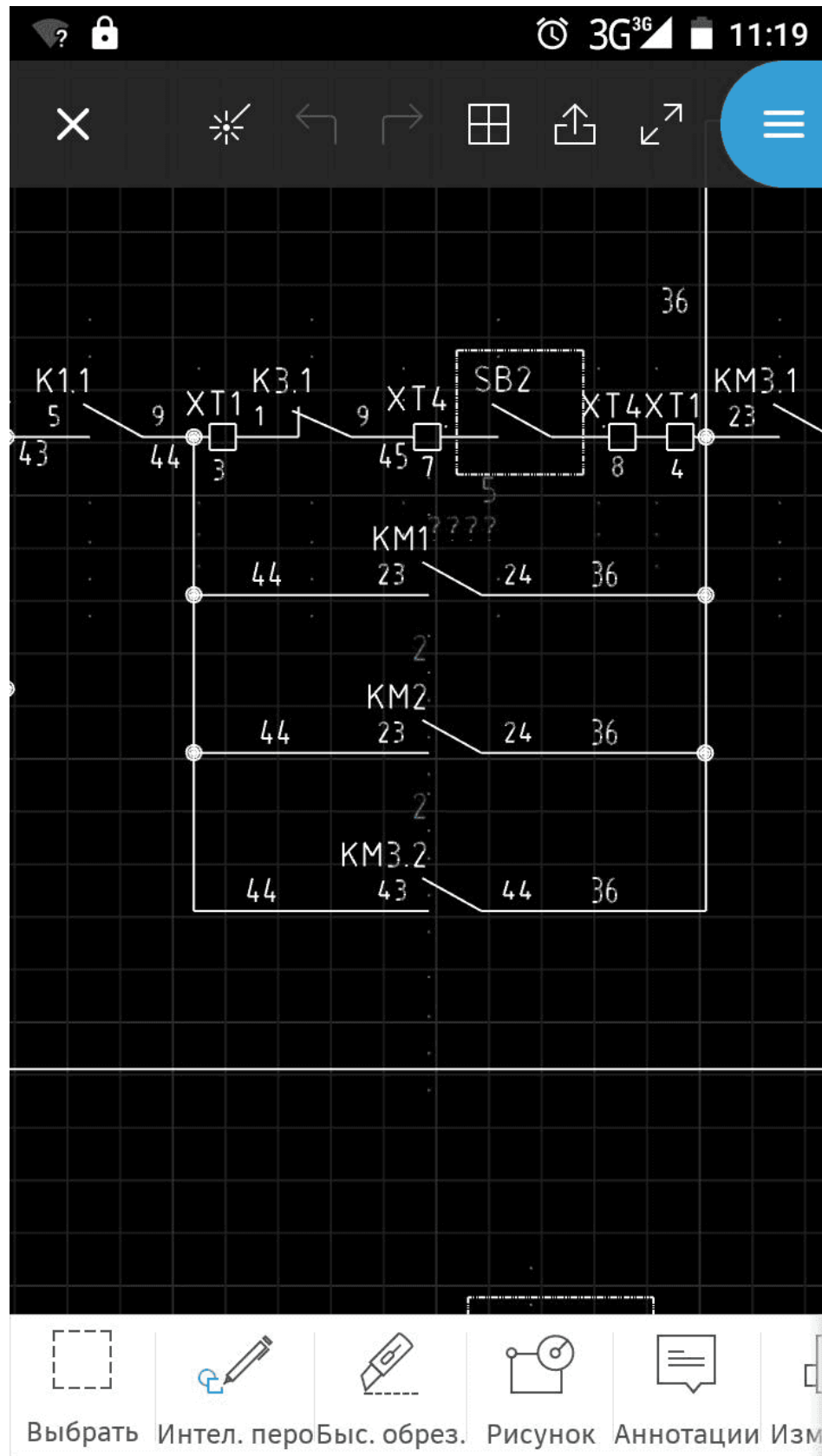


Рис. 2.9. Використання мобільної версії AutoCAD - DWG Viewer & Editor для перегляду та редагування електричних схем



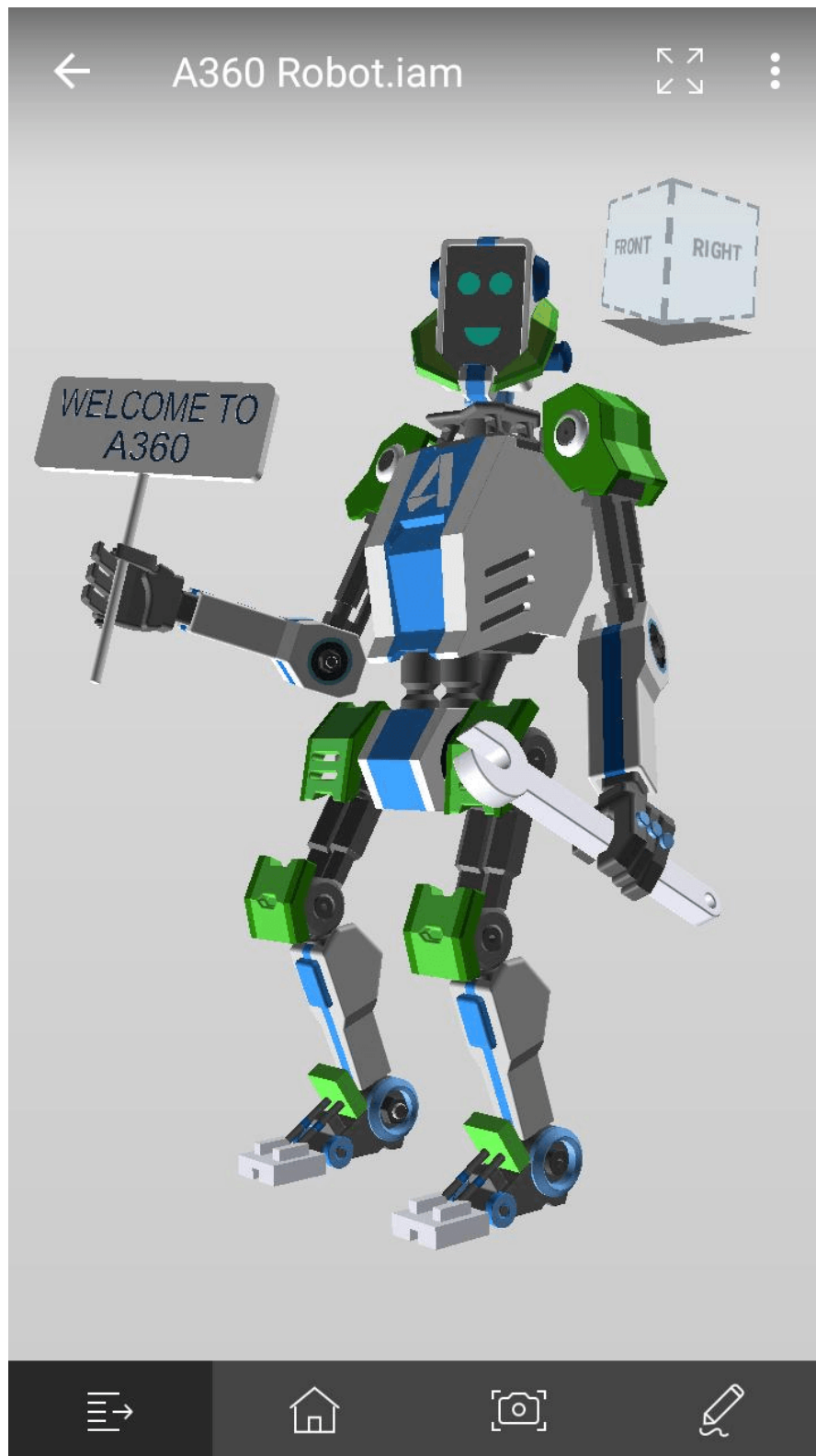


Рис. 2.10. Використання мобільної версії A360 - View CAD files для перегляду 3D моделей мехатронних систем

Fusion 360 [28] – засіб для організації спільної роботи, що об’єднує можливості систем автоматизованого проєктування (CAD), автоматизованих

систем технологічної підготовки виробництва (САМ) та інженерних розрахунків (САЕ). На відміну від попередніх засобів, Fusion 360 надає можливість виконувати 3D-проекування моделей довільної форми, тому можливості, що надає даний засіб, суттєво залежать від роздільної здатності екрану мобільного інтернет-пристрою: чим вона більша, тим більше елементів Fusion 360 стають доступними користувачу – від пошарового перегляду на високомобільному інтернет-пристрої (рис. 2.11) до інженерних розрахунків на пристрої з екраном від 10 дюймів.

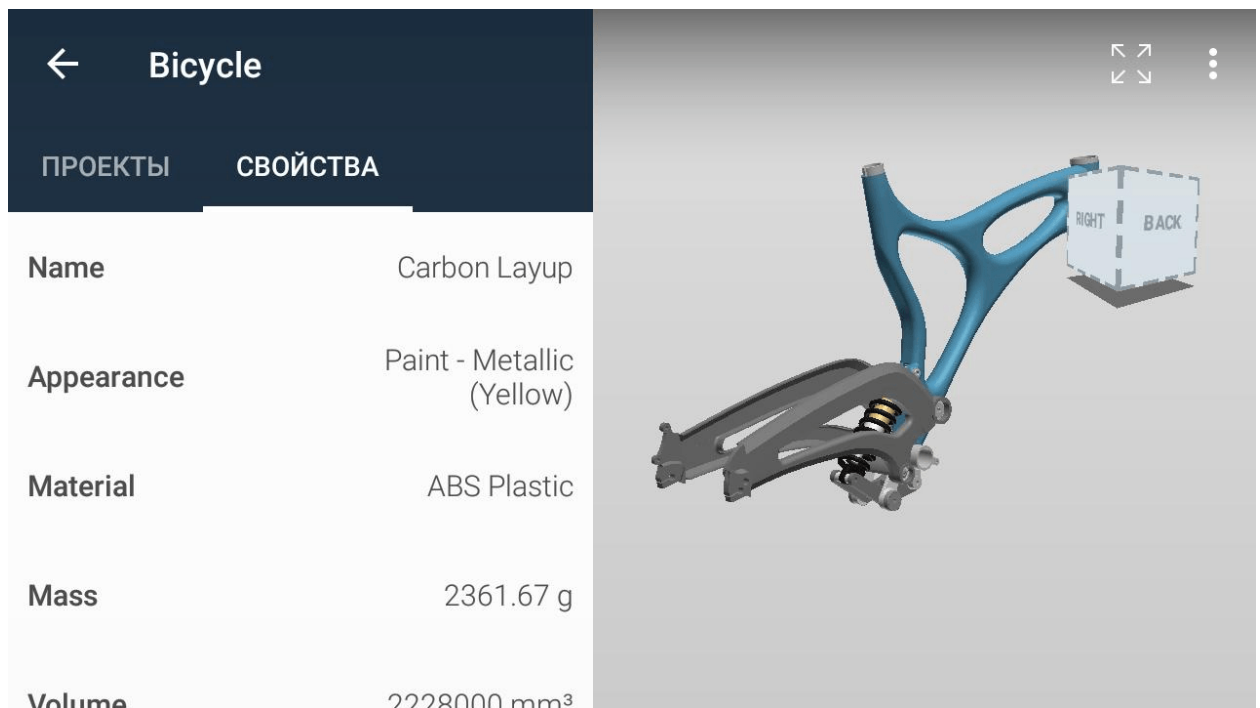


Рис. 2.11. Використання Fusion 360 для перегляду фізичних властивостей моделі технічного об'єкту

Формування такої загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенції у прикладній математиці*, передбачає розуміння студентами основних фактів, концепцій, принципів прикладної математики; оволодіння методами системного аналізу, побудови та дослідження моделей прикладних задач з використанням засобів сучасних ІКТ, встановлення їх адекватності реальним процесам та явищам; знання чисельних методів та алгоритмів їх реалізації; визначення коректності застосованих методів, обумовленості задач і

стійкості алгоритмів до похибок вхідних даних; добір та раціональне використання готових програмних засобів (зокрема систем комп'ютерної математики) для проведення обчислювальних експериментів з метою перевірки гіпотетичних тверджень, тощо.

Формування компетенції у прикладній математиці відбувається насамперед у навчанні таких дисциплін, як «Вища математика» та «Обчислювальна техніка та програмування». Так, серед змістових модулів навчальної дисципліни «Вища математика» одним із найбільш важливих для формування цієї компетенції є модуль 1 «Елементи лінійної алгебри», у якому, зокрема, розглядаються необхідні для формування компетенції у прикладній математиці поняття матриці, види матриць, дії над матрицями та їх властивості, поняття системи лінійних алгебраїчних рівнянь, розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь методом Гауса та матричним методом.

З метою встановлення міжпредметних зв'язків навчальних дисциплін «Вища математика» та «Обчислювальна техніка та програмування» доцільним є розгляд у них схожих моделей, що досліджуються різними засобами. Так, до реалізації поліноміальної моделі наближення функції однієї змінної засобами Visual Basic for Application у третьому змістовому модулі навчальної дисципліни «Обчислювальна техніка та програмування» доцільно розглянути її на практичному занятті з навчальної дисципліни «Вища математика» у матричній формі, що засвоєна студентами у модулі 1 «Елементи лінійної алгебри».

Вихідними даними для побудови моделі є значення з таблиці виду:

$x_{\text{експ}}$	$y_{\text{експ}}$
$x_1$	$y_1$
$x_2$	$y_2$
...	...
$x_i$	$y_i$
...	...
$x_n$	$y_n$

Шуканий поліном запишемо у вигляді

$$y = a_p x^p + a_{p-1} x^{p-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

Тут  $n$  – кількість пар значень виду  $(x; y)$  у таблиці, а  $p$  – порядок поліному ( $p \ll n$ ).

Після підстановки кожного значення із таблиці до поліному отримаємо систему із  $n$  лінійних алгебраїчних рівнянь з  $p+1$  невідомою:

$$\begin{cases} y_1 = a_p x_1^p + a_{p-1} x_1^{p-1} + \dots + a_2 x_1^2 + a_1 x_1 + a_0 \\ y_2 = a_p x_2^p + a_{p-1} x_2^{p-1} + \dots + a_2 x_2^2 + a_1 x_2 + a_0 \\ \dots \\ y_i = a_p x_i^p + a_{p-1} x_i^{p-1} + \dots + a_2 x_i^2 + a_1 x_i + a_0 \\ \dots \\ y_n = a_p x_n^p + a_{p-1} x_n^{p-1} + \dots + a_2 x_n^2 + a_1 x_n + a_0 \end{cases}$$

Основними матрицями, що характеризують систему, є

$\mathbf{A}$  – матриця-стовпець невідомих коефіцієнтів поліному:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_p \\ a_{p-1} \\ \dots \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{X}$  – основна матриця системи:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1^p & x_1^{p-1} & \dots & x_1^2 & x_1 & 1 \\ x_2^p & x_2^{p-1} & \dots & x_2^2 & x_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_i^p & x_i^{p-1} & \dots & x_i^2 & x_i & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^p & x_n^{p-1} & \dots & x_n^2 & x_n & 1 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{Y}$  – матриця-стовпець значень:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Скорочено систему можна записати у вигляді матричного рівняння:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\mathbf{A}$$

Безпосереднє розв'язання даної системи розглянутими у першому модулі методами є неможливими у зв'язку із тим, що кількість рівнянь є більшою за кількість невідомих. Теж саме можна сказати про розв'язання матричного рівняння: знаходження матриці, оберненої до матриці  $\mathbf{X}$ , є неможливим тому, що матриця  $\mathbf{X}$  не є квадратною. Для виходу із цього тупика пропонуємо студентам застосувати властивість транспонованої матриці, а саме: добуток транспонованої матриці на вихідну дає квадратну матрицю, тому застосуємо цю властивість до обох частин матричного рівняння:

$$\mathbf{X}^T\mathbf{Y} = \mathbf{X}^T\mathbf{X}\mathbf{A}$$

Отримане рівняння містить нову матрицю –  $\mathbf{X}^T$ , що є транспонованою матрицею  $\mathbf{X}$ . Використовуючи властивості асоціативності множення матриць, отримуємо наступне еквівалентне рівняння:

$$(\mathbf{X}^T\mathbf{X})\mathbf{A} = \mathbf{X}^T\mathbf{Y}$$

Воно відповідає нормальній системі лінійних алгебраїчних рівнянь, для розв'язання якої можна скористатися будь-яким із опанованих методів – Крамера, Гауса або матричним. Для використання останнього домножимо обидві частини матриці зліва на матрицю, обернену до добутку  $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$ :

$$(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}^T\mathbf{X})\mathbf{A} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{Y}$$

Отримуємо наступне еквівалентне рівняння:

$$\mathbf{E}\mathbf{A} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{Y},$$

де  $\mathbf{E}$  – одинична матриця розмірності  $(p+1, p+1)$ :

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Для знаходження розв'язку спочатку пропонуємо скористатись традиційними методами «ручного» розв'язання для того, щоб упевнитись, що витрати часу на виконання такої роботи є неспівмірними із часом, витраченим на математичний опис моделі. Це підштовхує до використання допоміжних засобів ІКТ. Для матричних моделей таким природним засобом є електронні таблиці. Так, Google Таблиці надають можливість студентам і викладачу спільно вводити експериментальні дані та формули для їх опрацювання.

Для цього зробимо електронну таблицю доступною для усіх студентів групи та запропонуємо кожному з них заповнити у ній рядок, що відповідає номеру студента за журналом групи, парою значень «вага – зріст».

Для вибору порядку поліному візуалізуємо уведені значення (рис. 2.12) та пропонуємо обґрунтувати вибір.

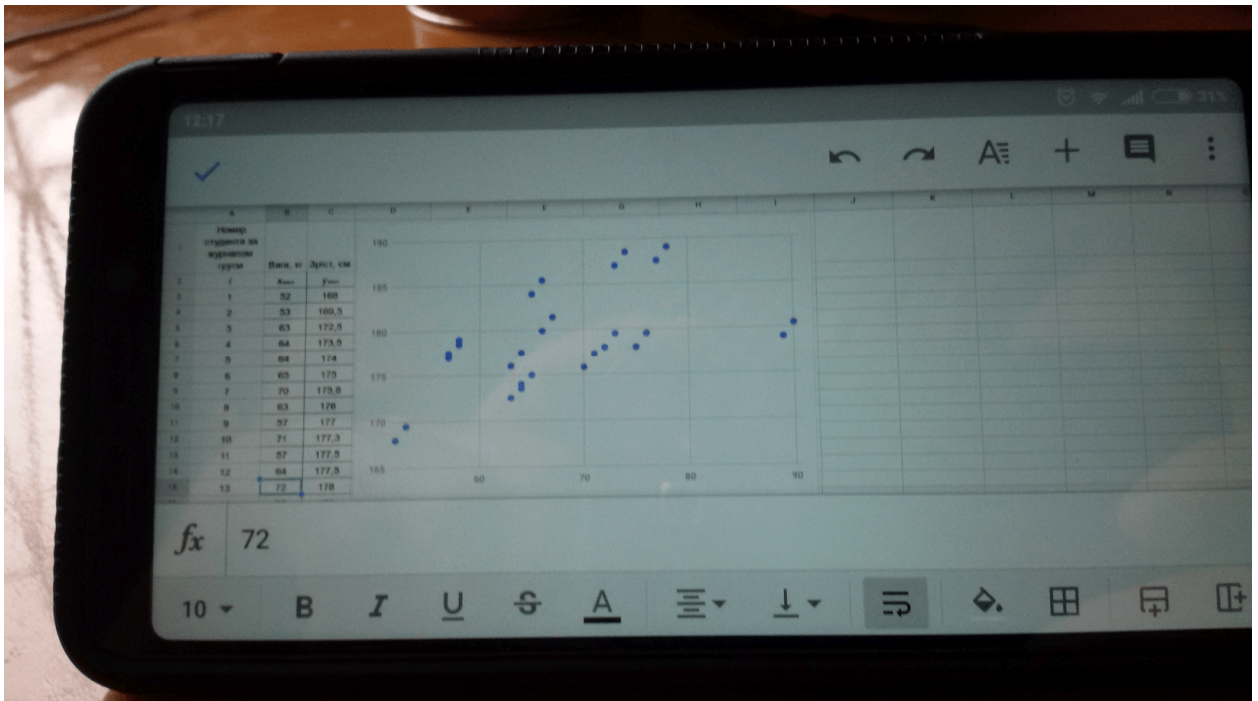


Рис. 2.12. Мобільний інтернет-пристрій під час роботи із моделлю на занятті з вищої математики

У результаті обговорення доходимо згоди щодо припущення про те, що лінія, яка має бути проведена на найменшій відстані від усіх точок, може



запропонувати для самостійного опрацювання.

Розглянутий алгоритм апроксимації може бути проілюстрований й на матеріалі інших модулів. Як показано у [193], курс вищої математики у технічних ЗВО традиційно завершується розглядом перетворення Фур'є (та його частинного випадку – рядів Фур'є). Зважаючи на високу практичну значущість цієї теми для подальшої професійної діяльності майбутніх інженерів-електромеханіків, при вивченні модуля 16 «Степеневі, тригонометричні ряди та їх застосування» студентам доцільно запропонувати розгляд задачі апроксимації фрагментом тригонометричного ряду послідовності точок, що відповідають фінансовим рядам. У якості джерела даних використаємо Інтернет-сервіс Google Finance, який надає можливість експорту даних до Таблиць Google за допомогою функції `=googlefinance("currency:usduah"; "close"; date(2014;1;1); date(2018;9;9))`, перший параметр якої – валютна пара «долар США – українська гривня», другий – ціна закриття біржових торгів по даній валютній парі, третій та четвертий – проміжок часу  $l$ , за який отримуються дані.

Математичну модель відновлюваної залежності задамо у вигляді косинус-розвинення невідомої функції  $f(x)$  на проміжку  $[0; l]$ :

$$f(x) = \sum_{n=0}^N a_n \cos \frac{\pi nx}{l},$$

де  $n$  – номер гармоніки,  $N+1$  – кількість гармонік,  $a_n$  – шукані коефіцієнти розвинення.

Розмістимо вектор вимірювань (значення ціни) у стовпчастій матриці  $Y$  розмірністю  $l \times 1$ . Відшукування стовпчастої матриці  $A$  коефіцієнтів розвинення розмірністю  $(N+1) \times 1$  виконаємо за формулою  $A = (X^T X)^{-1} X^T Y$ , де  $X$  – матриця плану розмірністю  $l \times (N+1)$ , що містить косинус-складову гармоніки:  $X_{xn} = \cos \frac{\pi nx}{l}$ . У якості значення незалежної змінної застосуємо номер вимірювання  $x = 0 \dots l-1$ , а номер гармоніки  $n = 0 \dots N$ .

Запис виклику функції `googlefinance` у комірці A1 надасть два стовпця



значень, перший з яких міститиме дату, а другий – ціну. Для визначення значення  $l$  скористаємось функцією підрахунку кількості елементів стовпця:  $\text{count}(A:A)$ . Кількість гармонік задаємо вручну:  $N = 30$ . До першої комірки матриці плану  $X$  (N2) заносимо формулу  $\text{cos}(\text{pi}()*N\$1*\$G2/\$E\$1)$ , яку поширюємо на всі інші комірки матриці  $X$ . Матриця-стовпець розвинення коефіцієнтів  $A$  описується формулою –  $\text{mmult}(\text{mmult}(\text{minverse}(\text{mmult}(\text{transpose}(N2:AR1693);N2:AR1693));\text{transpose}(N2:AR1693));H2:H1693)$ . Для обчислення прогнозних значень  $y_{\text{обч}}$  використовуємо скалярний добуток рядка матриці плану на стовпчасту матрицю  $A$ :  $\text{mmult}(\$N2:\$AR2;\$S\$1696:\$S\$1726)$  заносимо до комірки J2 та поширюємо на весь діапазон.

Для аналізу отриманих результатів побудуємо графіки значень курсу валют  $y$ , отримані з Google Finance, та апроксимованих даних  $y_{\text{обч}}$  (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Динаміка валютної пари «долар США – українська гривня» та її апроксимація рядом Фур'є

Графік функції відновлених даних вказує на те, що 30 гармонік у загальному випадку – цілком задовільна кількість для відновлення функції, але для швидкозмінних процесів з великою амплітудою коливань такої кількості недостатньо. Прикладом таких явищ у електромеханіці є режими

пуску двигуна, різкого накиду навантаження та короткого замикання.

Обговорення даної моделі на декількох заняттях надає можливість оцінити її адекватність шляхом прогнозування майбутніх значень курсу. Так, доцільно порівняти значення курсу для дат, які не використовувались при побудові матриці плану, із прогнозними значеннями. Для цього пропонуємо обчислити принаймні три майбутні значення курсу та порівняти їх з реальними. На рис. 2.15 останні три значення (1692-1694) не використовувались при побудові матриці плану, проте тенденцію зміни курсу вони відображають.

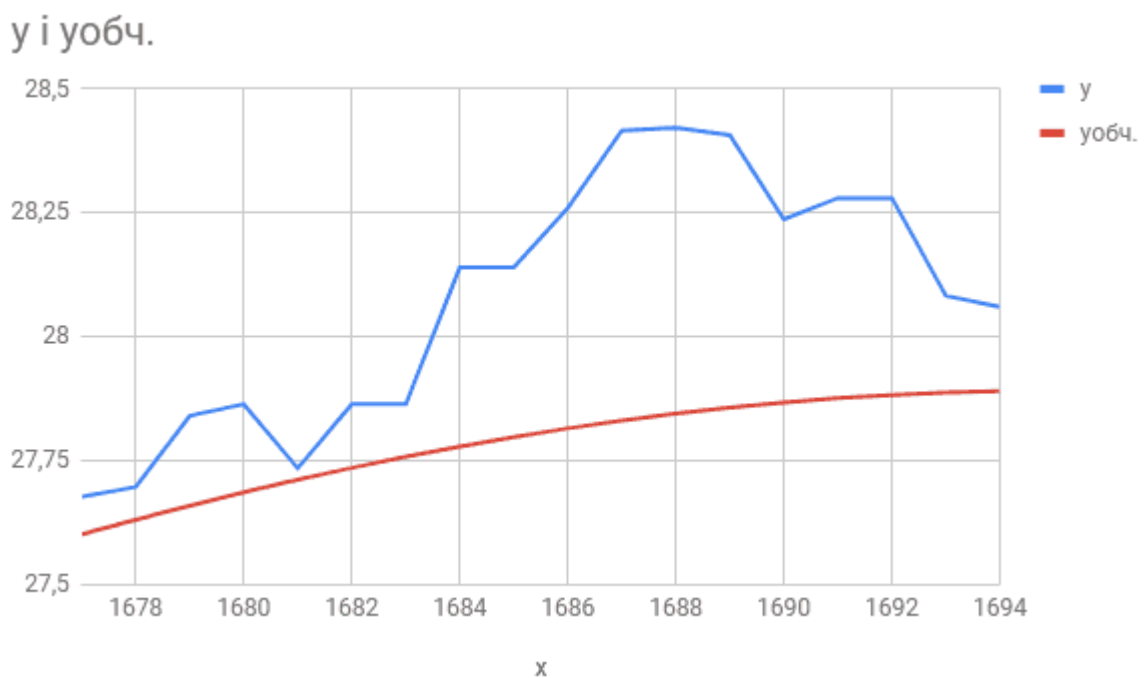


Рис. 2.15. Прогноз динаміки валютної пари «долар США – українська гривня» на період з 10 по 12 вересня 2018 року

При вивченні модуля 7 «Диференціальне числення функції декількох змінних» доцільно розглянути задачу знаходження екстремуму опуклої функції методом градієнтного спуску. Для цього можна знову повернутися до розглянутої у першому модулі моделі співвідношення двох вимірних значень  $x$  та  $y$ , але записати її розв'язок з використанням частинних похідних.

Функцію зв'язку цих значень (гіпотезу) запишемо у вигляді  $h(x) = \theta_0 + \theta_1 x$ , або

$$h(x) = \vec{\theta}^T \vec{x} = [\theta_0 \quad \theta_1] \begin{bmatrix} 1 \\ x \end{bmatrix},$$

де  $\vec{\theta} = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \end{bmatrix}$  – стовпчаста матриця (вектор-стовпець) невідомих коефіцієнтів

$\vec{\theta}$ , а  $\vec{x} = \begin{bmatrix} 1 \\ x \end{bmatrix}$  – нетранспонований елемент матриці плану.

Складемо функцію вартості, що залежить від параметрів функції гіпотези:

$$J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h(x_i) - y_i)^2.$$

Графіком даної функції має єдиний екстремум (рис. 2.16). Метод градієнтного спуску базується на тому, що, розпочавши з деякого початкового значення вектору  $\vec{\theta}_0$ , будемо робити кроки по поверхні параболоїда у напрямку мінімізації значення функції вартості, тобто напрямку, протилежному до вектору градієнта функції вартості:

$$\nabla J(\theta_0, \theta_1) = \left( \frac{\partial J}{\partial \theta_0}, \frac{\partial J}{\partial \theta_1} \right).$$

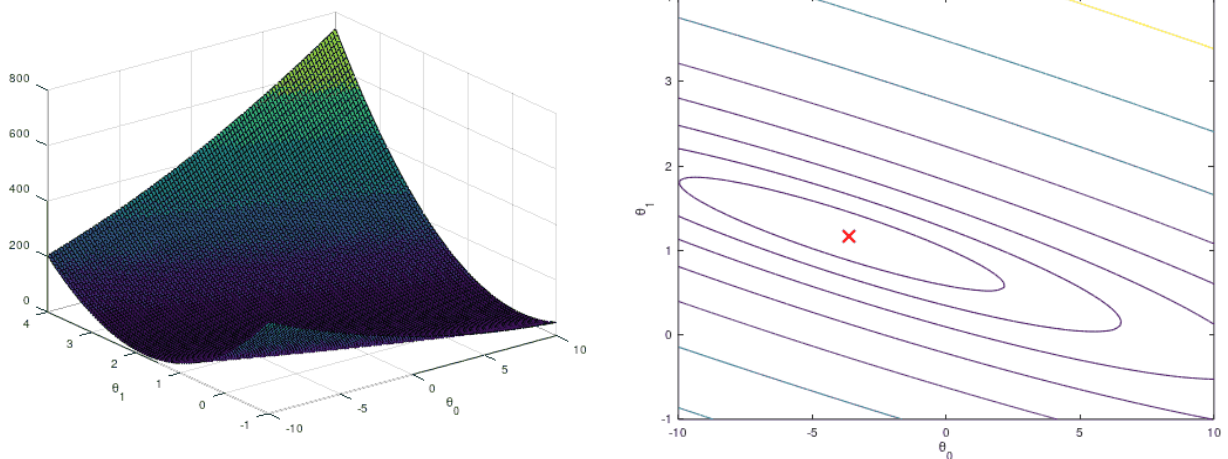


Рис. 2.16. Графік функції вартості (ліворуч) та її лінії рівня (праворуч); хрестиком позначено точку глобального мінімуму

Частинні похідні функції вартості по  $\theta_0$  та  $\theta_1$  дорівнюють:

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_0} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h(x_i) - y_i),$$

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_1} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h(x_i) - y_i) x_i,$$

Алгоритм методу градієнтного спуску матиме вигляд:

$$\vec{\theta}_{\text{наступний}} = \vec{\theta}_{\text{попередній}} - \alpha \nabla J(\theta_0, \theta_1),$$

де  $\alpha$  – швидкість спуску.

Програмна реалізація даного чисельного методу може бути виконана у мобільних версіях Scilab, MATLAB або Octave. Так, функція вартості  $J$  може бути реалізована через за допомогою скалярного добутку визначених векторів:

```
function J = computeCostMulti(X, y, theta)
    m = length(y);
    J=1/(2*m)*(X*theta-y)'*(X*theta-y);
end
```

Додатковим параметром, що використовується при реалізації методу, є кількість ітерацій `num_iters`:

```
function [theta] = gradientDescentMulti(X, y, theta, alpha, num_iters)
    m = length(y);

    for iter = 1:num_iters
        temp=theta;
        n=size(X,2);
        s=zeros(n,1);
        for j=1:n
            for i =1:m
                s(j,1)=s(j,1)+(X(i,:) *theta-y(i))*X(i,j);
            end;
        end;

        temp=theta-alpha*(1/m)*s;
        theta=temp;
    end
end
```

У результаті отримаємо значення вектору параметрів  $\vec{\theta}$ , використовуючи який можна візуалізувати результати моделювання (рис. 2.17).

У навчанні модуля 9 «Визначений та невластні інтеграли» формування компетенцій у прикладній математиці відбувається при розгляді задачі

побудови графіків електричного навантаження. Відповідний код з поясненнями викладач може запропонувати у SageCell:

```
#вихідні дані
data=[[1,6],[2,7],[3,7.5],[4,7.5],[5,7.5],[6,8],[7,8],[8,10],[9,13],[10,15],[
11,13.5],[12,13.5],[13,11],[14,12],[15,14],[16,11],[17,10],[18,12],[19,14],[2
0,14],[21,15],[22,13],[23,12],[24,7]]
p=point((0,0))
S=[0,0,0] #суми методом лівих прямокутників, правих та методом трапецій
for i in range(len(data)-1):
    p += line([data[i], data[i+1]], color='red')
    p += polygon([data[i], [data[i+1][0], data[i][1]], [data[i+1][0],
0], [data[i][0], 0], data[i]], color='lightblue')
    dt = data[i+1][0]-data[i][0] #крок інтегрування
    S += [data[i][1]*dt, data[i+1][1]*dt, (1/2)*(data[i][1]+data[i+1][1])*dt]
show(p, figsize=[4,5])
html("Добове споживання електроенергії, розраховане:<br><ul><li>методом лівих
прямокутників - %s,</li>"
"<li>методом правих прямокутників - %s,</li>"
"<li>методом трапецій - %s</li></ul>"%(S[0],S[1],S[2]))
```

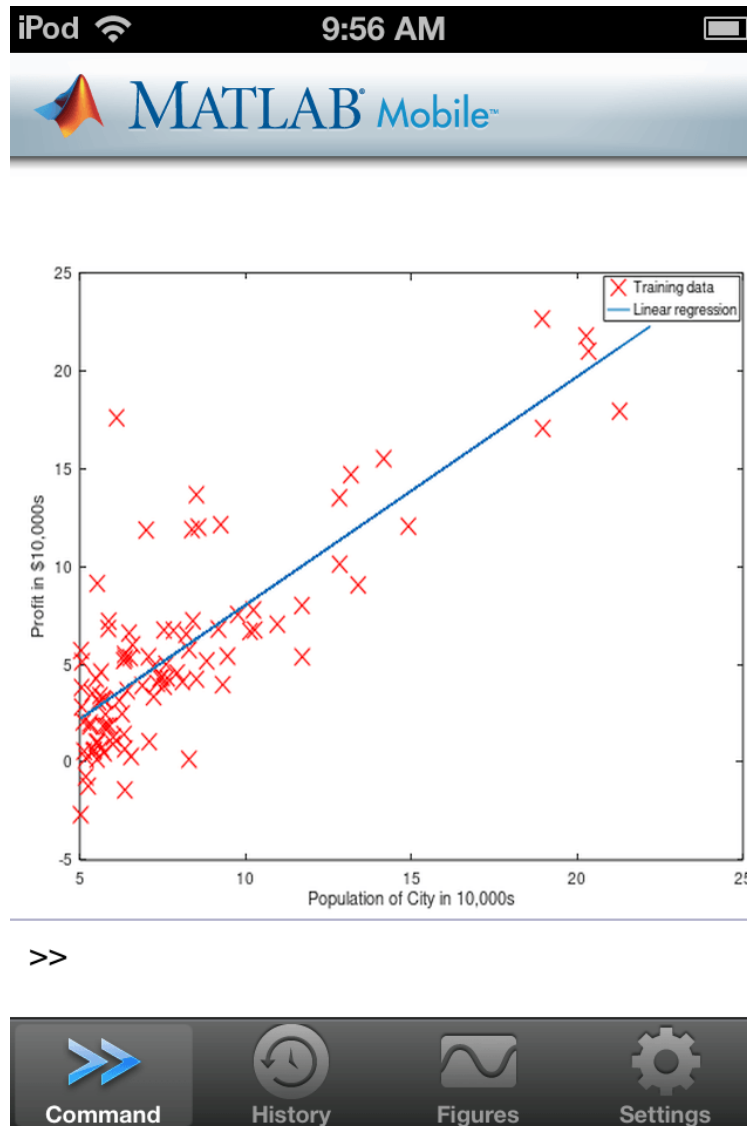


Рис. 2.17. Візуалізація хмари точок та лінії регресії у MATLAB Mobile

Для того, щоб студенти змогли провести власні експерименти, викладач може згенерувати засобами SageCell QR-код (рис. 2.18а), який опрацьовується мобільним інтернет-пристроєм (рис. 2.18б).

На прикладі вивчення модуля 14 «Лінійні диференціальні рівняння вищих порядків зі сталими коефіцієнтами» можна проілюструвати використання іншої мобільної математичної системи – SMath Studio [76], що надає можливість як аналітичного, так й чисельного розв’язання диференціальних рівнянь (рис. 2.19).

Формування такої загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об’єктів, як *компетенції у фундаментальних науках*, передбачає набуття базових знань фундаментальних розділів природничих наук та математики в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом електромеханічної галузі знань; уміння використовувати математичні методи та методи природничих наук у дослідницькій та прикладній професійній діяльності.

Type some Sage code below and press Evaluate.

```

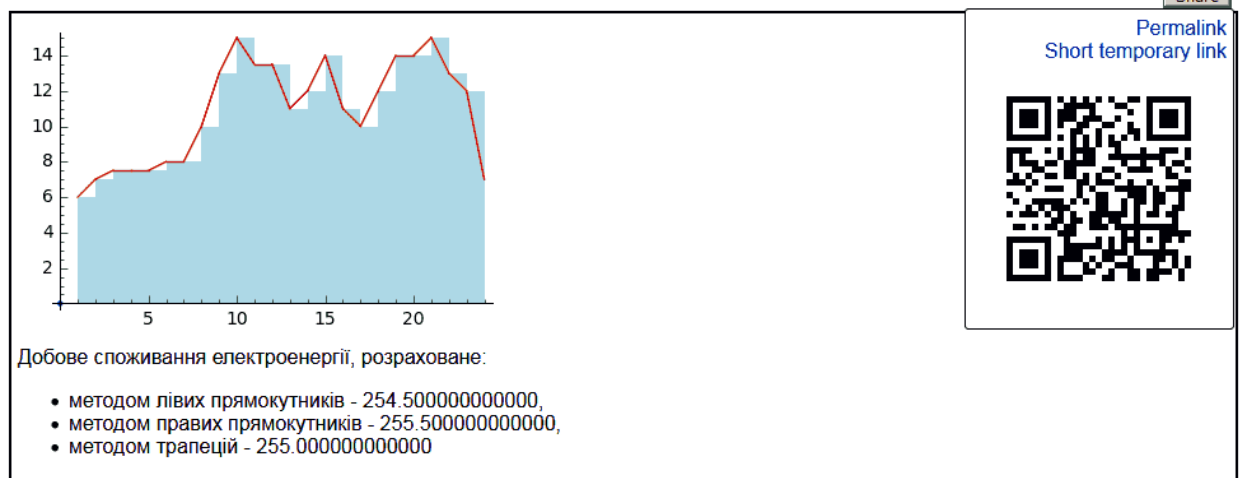
2 data=[[1,6],[2,7],[3,7.5],[4,7.5],[5,7.5],[6,8],[7,8],[8,10],[9,13],[10,15],[11,13.5],[12,13.5],
3 [13,11],[14,12],[15,14],[16,11],[17,10],[18,12],[19,14],[20,14],[21,15],[22,13],[23,12],[24,7]]
4 p=point((0,0))
5 S=vector([0,0,0]) #суми методом лівих прямокутників, методом правих прямокутників та методом трапецій
6 for i in range(len(data)-1):
7     p += line([data[i], data[i+1]], color='red')
8     p += polygon([data[i], [data[i+1][0], data[i][1]], [data[i+1][0], 0], [data[i][0], 0], data[i]], color='lightblue')
9     dt = data[i+1][0]-data[i][0] #крок інтегрування
10    S += vector([data[i][1]*dt, data[i+1][1]*dt, (1/2)*(data[i][1]+data[i+1][1])*dt])
11 show(p, figsize=[4,5])
12 html("Добове споживання електроенергії, розраховане:<br><ul><li>методом лівих прямокутників - %s,</li></ul>")
13

```

Evaluate

Language: Sage

Share



a)

16:04

🔔 📶 📶 🔋 44%



sagecell.sagemath.org/



Type some Sage code below and press Evaluate.

```

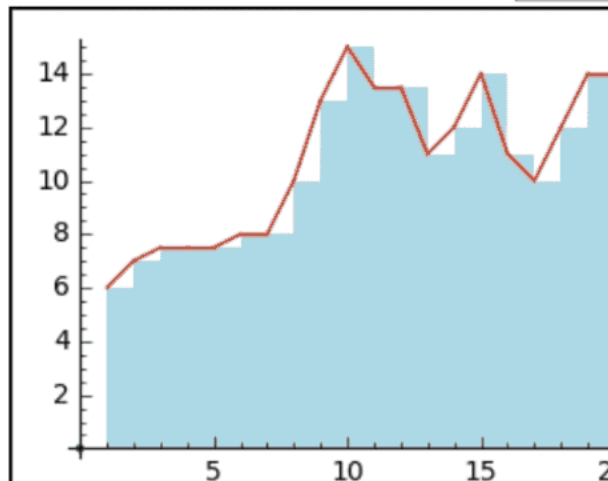
1 #вихідні дані
2 data=[[1,6],[2,7],[3,7.5],[4,7.5],[
3         [13,11],[14,12],[15,14],[16,1
4 p=point((0,0))
5 S=vector([0,0,0]) #суми методом лів
6 for i in range(len(data)-1):
7     p += line([data[i], data[i+1]],
8     p += polygon([data[i], [data[i+
9     dt = data[i+1][0]-data[i][0] #к
10    S += vector([data[i][1]*dt, dat
11 show(p, figsize=[4,5])
12 html("Добове споживання електроенерп

```

Evaluate

Language: Sage

Share



Добове споживання електроенергії,  
розраховане:

- методом лівих прямокутників - 254.500000000000,
- методом правих прямокутників - 255.500000000000,
- методом трапецій - 255.000000000000

Help | Powered by SageMath

б)

Рис. 2.18. Використання SageCell на пристроях викладача (а) та студента (б) у процесі навчання чисельного інтегрування таблично заданих значень

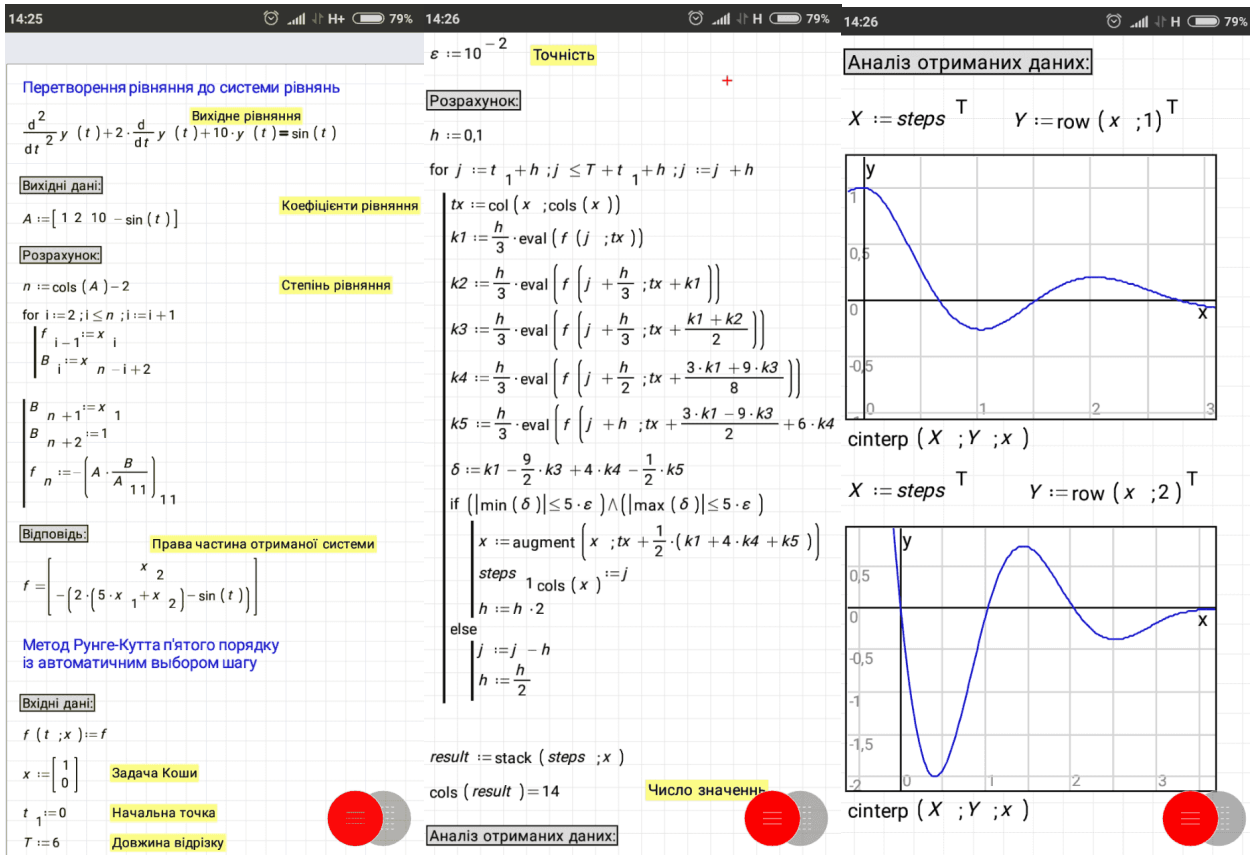


Рис. 2.19. Використання SMATH Studio для аналізу динамічних систем

Крім змісту навчальної дисципліни «Вища математика», для формування компетенції у фундаментальних науках необхідним є реалізація змістової складової дисциплін «Теоретична механіка» та «Електричні машини».

Метою вивчення дисципліни «Теоретична механіка» є засвоєння знань та набуття навичок, необхідних для вивчення загальних законів механічного руху, механічної взаємодії матеріальних тіл на базі законів класичної механіки, набуття навичок виконання розрахунків на міцність, жорсткість елементів конструкцій, деталей машин, дослідження та проєктування сучасних важких машин, розробки текстової та графічної проєктної документації.

У результаті вивчення дисципліни студент, зокрема, повинен вміти: складати математичні моделі матеріальних об'єктів, розв'язувати задачі, які пов'язані з вивченням руху та рівноваги тих чи інших матеріальних тіл під



дією прикладених до них сил з використанням комп'ютерних технологій; аналізувати кінематичні схеми машин.

Для реалізації першої задачі також, як у навчанні вищої математики, пропонуємо використовувати SMath Studio як вільний та мобільний аналог системи Mathcad. На рис. 2.20 наведено послідовність екранних копій реалізації моделі розрахунку балки на двох опорах.

13:25 35%

### Розрахунок балки на двох опорах

**Вхідні дані:**

$L := 3 \text{ м}$  Довжина балки

$L_A := 60 \text{ см}$  Відстань до першої опори

$L_B := 2,1 \text{ м}$  Відстань до другої опори

Зосереджені навантаження  
(кожен стовпець - параметри окремого навантаження)

$F := \begin{bmatrix} 10 \text{ кН} & 8 \text{ кН} & 17 \text{ кН} \\ 50 \text{ см} & 1,1 \text{ м} & 2,6 \text{ м} \end{bmatrix}$  Відстань до навантаження

Розподілені навантаження  
(кожен стовпець - параметри окремого навантаження)

$q := \begin{bmatrix} 4 \frac{\text{кН}}{\text{м}} & 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}} & 5 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \\ 10 \text{ см} & 1,3 \text{ м} & 2,2 \text{ м} \\ 15 \text{ см} & 40 \text{ см} & 30 \text{ см} \end{bmatrix}$  Відстань до початку навантаження  
Відстань дії навантаження

а) постановка задачі моделювання

**Відображення елементів розрахункової схеми:**

$top := 2$

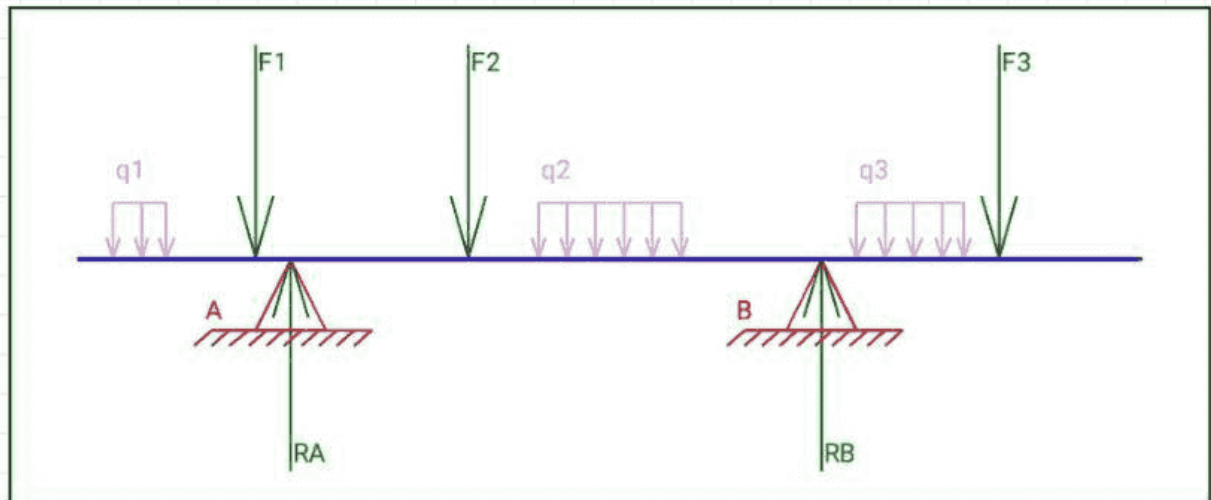
$base_L(x) := \begin{bmatrix} x & top \\ 1+x & -2+top \\ -1+x & -2+top \\ x & top \end{bmatrix}$  Відображення опори

$arrow_F(x; sign) := \begin{bmatrix} x & top+0,1 \\ -0,5+x & 1,7 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \\ 0,5+x & 1,7 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \\ x & 6 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \end{bmatrix}$  Відображення стрілки зосередженого навантаження

$arrow_Q(x; sign) := \begin{bmatrix} x & top+0,1 \\ -0,2+x & 0,5 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \\ 0,2+x & 0,5 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \\ x & 1,5 \cdot sign + top+0,1 \\ x & top+0,1 \end{bmatrix}$  Відображення стрілки рівномірно розподіленого навантаження

б) приклад розрахунку відображуваних об'єктів

Розрахункова схема:



Розрахунок:

$$R_A := - \sum_{k=1}^{\text{cols}(F)} \left( \frac{L_B - F_{2k}}{L_B - L_A} \cdot F_{1k} \right) - \sum_{k=1}^{\text{cols}(q)} \left( q_{1k} \cdot q_{3k} \cdot \frac{L_B - \left( q_{2k} + \frac{q_{3k}}{2} \right)}{L_B - L_A} \right)$$

$$R_B := - \sum_{k=1}^{\text{cols}(F)} \left( \frac{F_{2k} - L_A}{L_B - L_A} \cdot F_{1k} \right) - \sum_{k=1}^{\text{cols}(q)} \left( q_{1k} \cdot q_{3k} \cdot \frac{\left( q_{2k} + \frac{q_{3k}}{2} \right) - L_A}{L_B - L_A} \right)$$

Результати:

Опорні реакції

$$R_A = -12,4533 \text{ кН}$$

$$R_B = -28,6467 \text{ кН}$$

Перевірка:

$$R_A + R_B = -41,1 \text{ кН}$$

$$\sum_{k=1}^{\text{cols}(F)} F_{1k} + \sum_{k=1}^{\text{cols}(q)} \left( q_{1k} \cdot q_{3k} \right) = 41,1 \text{ кН}$$

в) відображення результатів моделювання

Рис. 2.20. Модель розрахунку балки на двох опорах у SMath Studio

Для розв'язання задачі аналізу кінематичних схем машин можна скористатися засобами доповненої реальності для інтуїтивного аналізу та проектування середовища.

Д. Вейдліх (Dieter Weidlich), С. Шерер (Sandra Scherer) та М. Вабнер (Markus Wabner) у [89] описують досвід покращення процесу розробки деталей машин з використанням систем віртуальної та доповненої реальності Хемницького технічного університету, в якому розроблено нові методи візуалізації для вивчення результату моделювання методом скінченних елементів шляхом занурення у середовище через мобільні пристрої доповненої реальності. Основною метою розробки програмного забезпечення була візуалізація напрямку та градієнту напружень 3D-гліфами. Метод скінченних елементів є чисельним методом інженерного аналізу, що використовується для багатьох типів задач, таких як визначення навантажень та зрушень у механічних об'єктах, або теплопередачу та потокової динаміки.

Визначення механічних навантажень є основою для аналізу поведінки сил у галузі механічної інженерії. Гліф є способом графічного кодування числової інформації. Гліф є графічним елементом, що зможе передавати велику кількість атрибутів даних шляхом їх відображення (форму, колір, орієнтацію, позицію тощо). Використання гліфів надає можливість відображення багатовимірних тензорів, що відображають власні вектори та значення тензорів, використовуючи форму, розмір, орієнтацію та характеристику поверхні геометричних примітивів, таких як куби та еліпси (рис. 2.21).

Для представлення багатовимірних даних можуть бути використані різні геометричні примітиви, такі як кубоїди, тетраедри, сфери та лінії. Це потребує попереднього вивчення відповідності обраного гліфу до даних, що відображаються. Перевірка показала, що тетраедр добре підходить для візуалізації напрямку та градієнту навантажень, тому що вершина тетраедру вказує точний напрям. Окрім напрямку навантаження, 3D-гліфи можуть виявляти характер навантаження (стиск або розтягування).

Розроблене авторами [89] програмне забезпечення надає можливість переключатися між результатами структурного та термічного аналізу та порівнювати їх з реальним фізичним об'єктом. На рис. 2.22 показано

накладання скінченно-елементної моделі на реальну систему: чим більш «гарячим» є колір, тим більші навантаження. Чорно-білий маркер в руці користувача необхідний для позиціонування результатів аналізу.

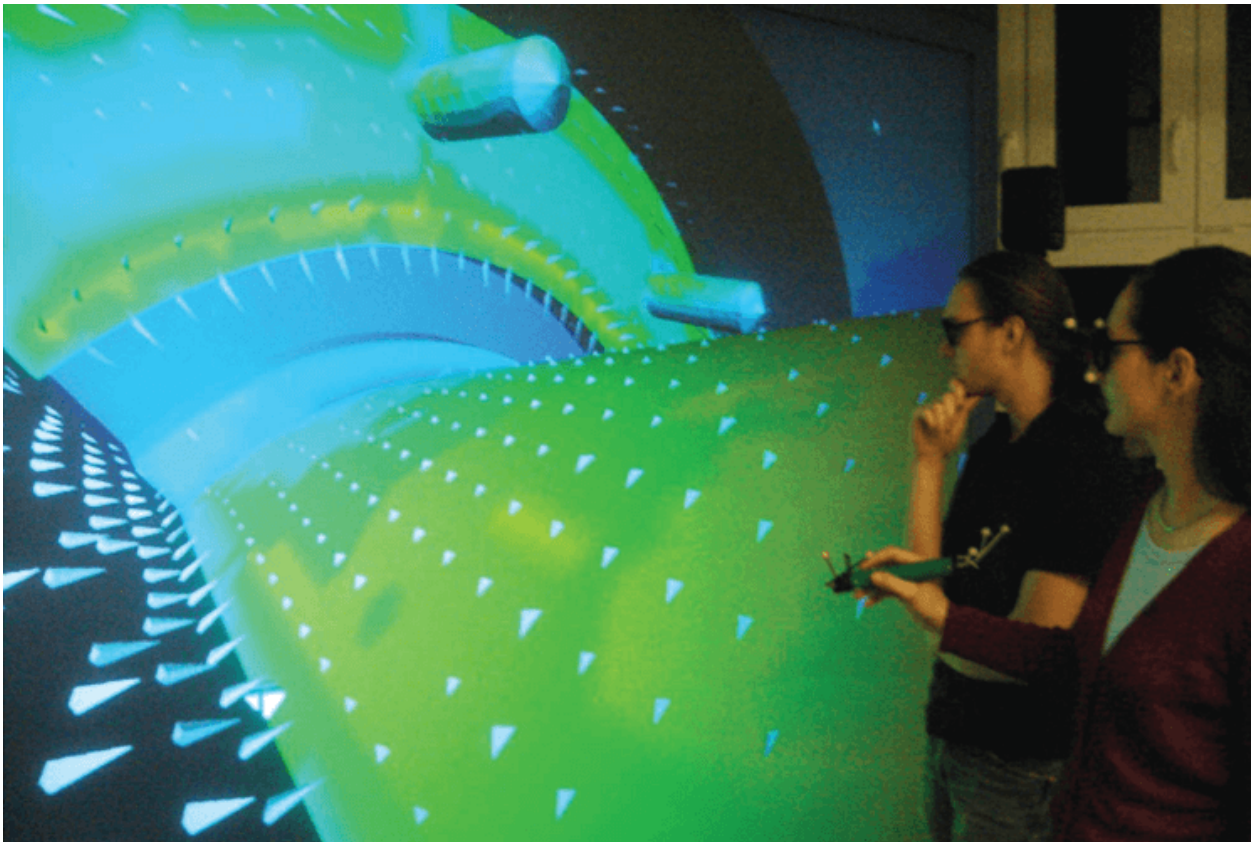


Рис. 2.21. Візуалізація результатів скінченно-елементного аналізу: вершини гліфів, спрямовані назовні, відображають навантаження розтягування, а гліфи, спрямовані усередину – навантаження стиску

М. Фіорентіно (Michele Fiorentino), Дж. Монно (Giuseppe Monno) та А. Е. Ува (Antonio E. Uva) у статті [25] виділяють 6 основних способів використання доповненої реальності в інженерній діяльності, для кожного з яких окреслюються такі аспекти, як апаратна конфігурація, спосіб доповнення, рівень інтерактивності TUI/GUI (TUI – Tangible User Interface, матеріальний інтерфейс користувача; GUI – Graphical User Interface, графічний інтерфейс користувача), область застосування, підтримка фізичної співпраці та віддалене співробітництво.

#### *1. Доповнений користувач*

Користувач носить окуляри доповненої реальності, підключені до

носимого комп'ютеру. Проглядні дисплеї дозволяють користувачеві бути в курсі справжнього промислового середовища. Ця конфігурація забезпечує максимальну мобільність користувача, дозволяючи йому працювати у великій робочій області з вільними руками. База інженерних даних доступна через бездротову мережу. Взаємодія досягається переважно через TUI без графічного інтерфейсу або з обмеженим GUI. Передбачувані застосування для цієї конфігурації: перевірка, навчання та ін. Недоліки можуть включати роздільну здатність дисплея, обмежену область перегляду та надійність оптичного відстежування у агресивному виробничому середовищі (наприклад, пил, електричні шуми, погане освітлення тощо).

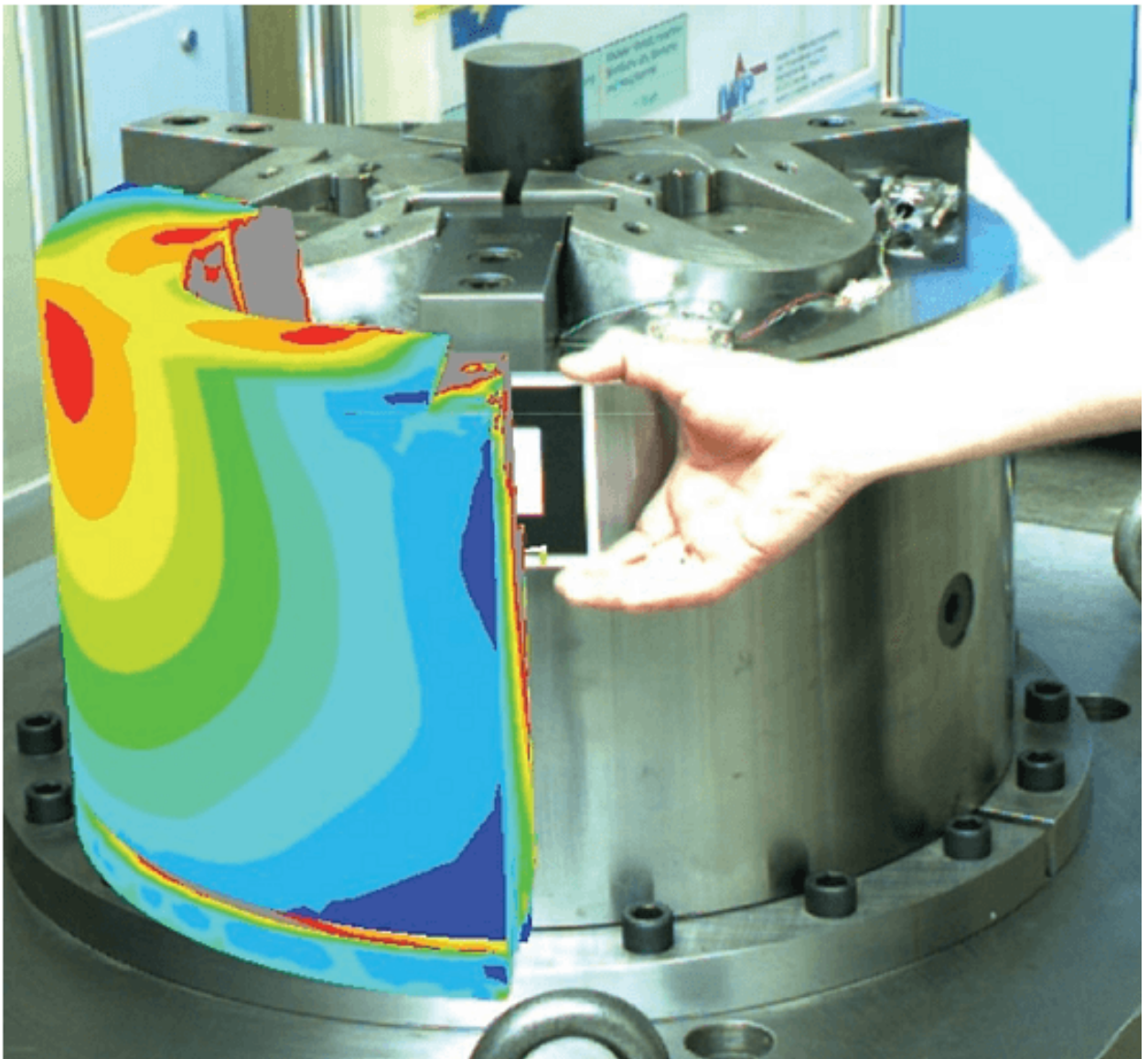


Рис. 2.22. Відображення результатів моделювання на реальний об'єкт

У іншій конфігурації користувач тримає кишенькову (подібну до ліхтаря) камеру та носимий комп'ютер, підключений до мережі. Користувач може вільно переміщатися в промисловому середовищі та проводити телеконференції з іншими (віддаленими) користувачами. Різниця в порівнянні з попередньою конфігурацією – це мобільність точки зору. Користувач може перемістити камеру в промислове середовище, досягаючи потенційно будь-якого місця у межах бездротового покриття. Локальне відстеження забезпечується маркерами (в майбутньому можуть бути активні маркери RFID) і транслюється у системи. Цей спосіб використання особливо важливий для технічного обслуговування, де віддалені спеціалісти можуть керувати та допомагати користувачеві. Користувач завантажує свою індивідуальну візуалізацію моделі та передає її дистанційно. Головною перевагою цієї конфігурації є максимальна мобільність точки зору. Це також може призвести до нестабільної точки зору через той факт, що користувач повинен тримати камеру. Взаємодія TUI та графічного інтерфейсу також досить обмежена.

## *2. Мобільне вікно*

Користувач тримає планшетний ПК із камерою на задній стороні. Планшетні дисплеї дозволяють користувачеві повністю усвідомлювати справжнє виробниче середовище. Ця конфігурація дозволяє користувачеві забезпечити хорошу мобільність, дозволяючи йому працювати у великій робочій області, але вимагає, щоб принаймні одна рука тримала планшет. База інженерних даних доступна через бездротову мережу. Взаємодія досягається головним чином за допомогою графічного інтерфейсу з планшетом. Передбачувані програми для цього способу: перегляд проєкту, перевірка тощо. Недоліки можуть включати вагу планшетного пристрою та обмеження, пов'язані з використанням однієї руки.

## *3. Доповнений настільний комп'ютер*

Користувач працює на настільній робочій станції з камерою, що вказує на вільну ділянку на столі, яка буде доповненою робочою поверхнею, яка

обмежена робочим столом користувача, а взаємодія моделі досягається шляхом переміщення TUI (доповнені креслення) та традиційного графічного інтерфейсу настільного комп'ютера за допомогою миші та клавіатури. За традиційного використання TUI – це лише підтримка звичайного графічного інтерфейсу користувача, тому даний спосіб пропонується для всіх задач опрацювання інженерних даних, які передбачають активне використання клавіатури для введення числових чи текстових даних: наприклад, проєктування деталей, інжиніринг, чисельний аналіз тощо. Головною перевагою цього способу є схожість з традиційним робочим середовищем, що надає легкий доступ навіть для пересічного користувача, для якого матеріальний інтерфейс до 3D-моделей є простішим та інтуїтивнішим. Обмежувальним фактором є те, що даний спосіб повинен бути реалізований у офісному середовищі.

#### *4. Доповнена майстерня*

Цей спосіб подібний до попереднього щодо налаштування апаратного забезпечення, але призначений для виробничого середовища, а не офісного приміщення. Користувач знаходиться на робочому місці на виробничій лінії, де немає клавіатури чи миші. Користувач може послуговуватися сенсорним екраном на промисловому моніторі та матеріальними доповненими кресленням. Також можуть бути використані промислові пульти. Основними перевагами є: обидва руки користувача є вільними, є можливість відображення високоякісного рендерінгу 3D-моделі та інженерних даних, зручне робоче середовище, подібне до традиційного. Ідеальним застосуванням може бути перевірка якості чи керована збірка.

#### *5. Доповнений стіл для спільної роботи*

Цей спосіб найкращим чином підтримує спільну робочу область. Він складається зі столу, що виконує функцію спільної розширеної зони та великого екрана. Екран може бути вертикальним або горизонтальним, і в остаточному підсумку мати стереографічне або голографічне відображення. Всі користувачі можуть отримувати доступ до доповненої спільної області зі

своїми маркерами, і вони можуть анотувати модель, використовуючи власний комп'ютер для точного графічного введення. Віддалені користувачі можуть приєднатися до групи та працювати із засобами для віртуальних семінарів. Система забезпечить синхронізацію основних цифрових даних, включаючи анотації, чат та історію. Цей спосіб застосовується на етапі маркетинг та перегляду дизайну: спільне робоче середовище може містити віртуальні моделі САПР, реальні попередні виробничі макети, онлайнві інженерні дані та результати моделювання для спільного обговорення. Головними перевагами цього способу є висока підтримка співпраці, співіснування реальних та віртуальних продуктів та соціальний зв'язок реальних зустрічей.

#### *б. Доповнена презентація*

Цей спосіб використовує доповідач, який має намір представити певне рішення великій аудиторії. Основним пристроєм візуалізації є великий екран. Управління даними здійснюється, головним чином, за допомогою TUI у вигляді цифрового креслення або макета, розміщеного перед доповідачем. Присутні можуть отримати доступ до тих самих цифрових даних з персональних пристроїв візуалізації та можуть додавати анотації, які оновлюються в режимі реального часу для всіх учасників дискусії.

Характеристики кожного способу, запропоновані авторами [25], узагальнені в таблиці 2.1.

Метою навчальної дисципліни «Електричні машини» є формування у студентів теоретичних знань з конструкції, принципу дії, області застосування електричних машин та трансформаторів, а також набуття практичних навичок, пов'язаних з підключенням, експлуатацією та визначенням параметрів електричних машин та мікромашин. У результаті вивчення дисципліни студент повинен, зокрема, вміти складати електричні схеми та розраховувати параметри елементів схем для включення електричних машин та мікромашин, проводити досліди для визначення параметрів електричних машин, виконувати розрахунки елементів



конструкції при проектуванні та ремонті електричних машин.

Таблиця 2.1

**Основні способи використання доповненої реальності в інженерній діяльності**

Спосіб	Точка зору	Рівень TUI	Рівень GUI	Рівень співпраці	Підтримка віддаленої спільної роботи
Доповнений користувач	мобільна	високий	низький	низький	середній
Мобільне вікно	мобільна	низький	високий	середній	середній
Доповнений настільний комп'ютер	фіксована	середній	високий	низький	високий
Доповнена майстерня	фіксована	середній	низький	низький	низький
Доповнений стіл для спільної роботи	фіксована	високий	середній	високий	середній
Доповнена презентація	фіксована	високий	низький	середній	середній

У процесі набуття теоретичних знань з конструкції електричних машин доцільним є використання мобільних засобів доповненої реальності, які пропонує SIKE Software. Зокрема, їх навчальна система-тренажер з технологією доповненої реальності надає можливість сформувати комплекс знань про будову електродвигунів різних типів та набути навички ідентифікації складових деталей електродвигунів та безпечного, правильного і швидкого порядку збирання і розбирання електродвигунів (рис. 2.23). У підготовці бакалаврів електромеханіки система може бути застосована при проведенні практичних занять, виконанні лабораторних та самостійних робіт, проведенні іспитів з дисципліни тощо, а у процесі виробничого навчання – для теоретичної інтерактивної підготовки працівників, що беруть участь в процесах ремонту, монтажу, демонтажу промислового електрообладнання. Програма надає доступ до 3D моделей з високим ступенем точності, що повторюють будову реального обладнання. Кожна деталь конструкції має назву та опис, а порядок технологічних операцій відповідає реальному процесу і розроблений спільно з діючими експертами провідних промислових підприємств.

Дана система у якості маркера використовує QR-код, розміщений на

спеціальній картці. Інший підхід – використання універсального маркеру (рис. 2.24) або маркеру сцени, що містить реальний об’єкт (рис. 2.25).

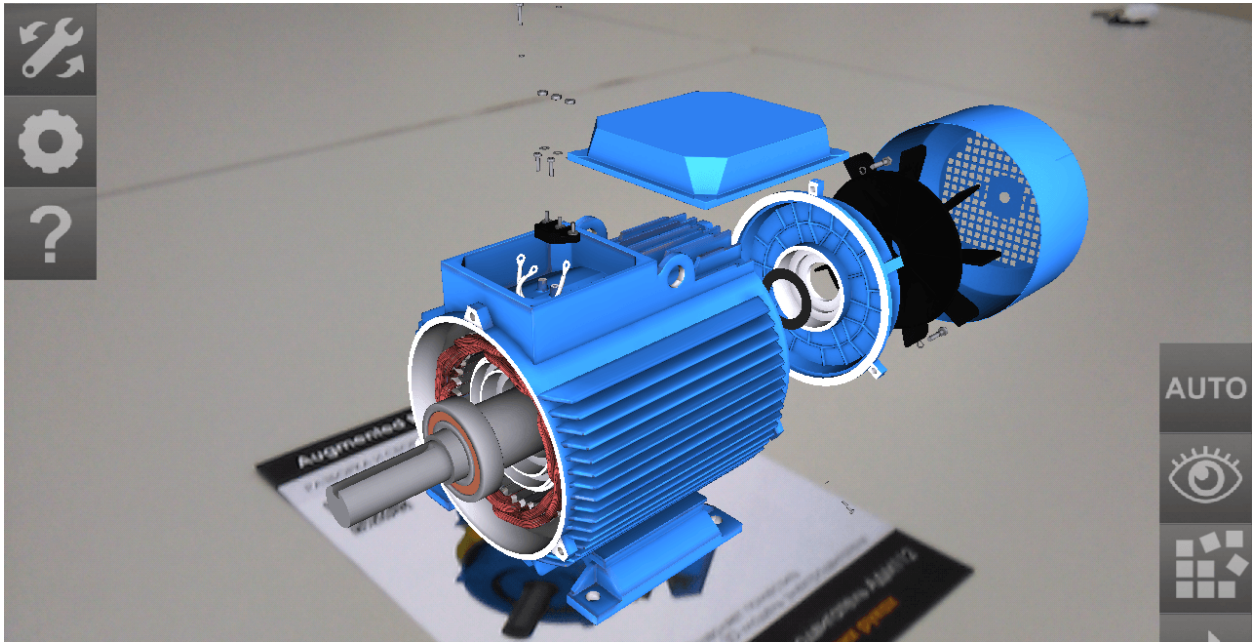


Рис. 2.23. Навчальна система-тренажер SIKE Software

При виконанні розрахунку трифазного асинхронного двигуна при ремонтно-відновлювальних роботах (модуль 7 «Трифазні асинхронні машини») доцільно використовувати SMath Studio. На рис. 2.26 показано початок розрахунку природних електромеханічної та механічної характеристик двигуна, а на рис. 2.27 – графік розрахованої механічної характеристики.

Моделі для всіх змістових модулів курсу «Електричні машини» містить Scilab on cloud (<https://cloud.scilab.in/>). Для вибору моделі необхідно обрати головну категорію Electrical Engineering/Electrical & Electronics Engineering/Electronics & Telecommunication Engineering/Instrumentation & Control Engineering, підкатегорію Electrical Devices/Machines та відповідний навчальний посібник з курсу (наприклад, [11] та відповідний йому [4]). Приклад розрахунку синхронної швидкості поліфазної асинхронної машини у Scilab on cloud:

```
// Приклад 1.60
clc;clear;close;
// Вхідні дані
```

```

PA=4;//кількість полюсів
PB=4;//кількість полюсів
f=50;//частота, Гц
V=440;//напруга, В
Ns=120*f/PA;// об/хв
disp(Ns,"Незалежно за набором А, синхронна швидкість Ns у об/хв : ");
Ns=120*f/PB;// об/хв
disp(Ns,"Незалежно за набором В, синхронна швидкість Ns у об/хв : ");
Ns=120*f/(PA+PB);// об/хв
disp(Ns,"За обома наборами, синхронна швидкість Ns у об/хв : ");

```

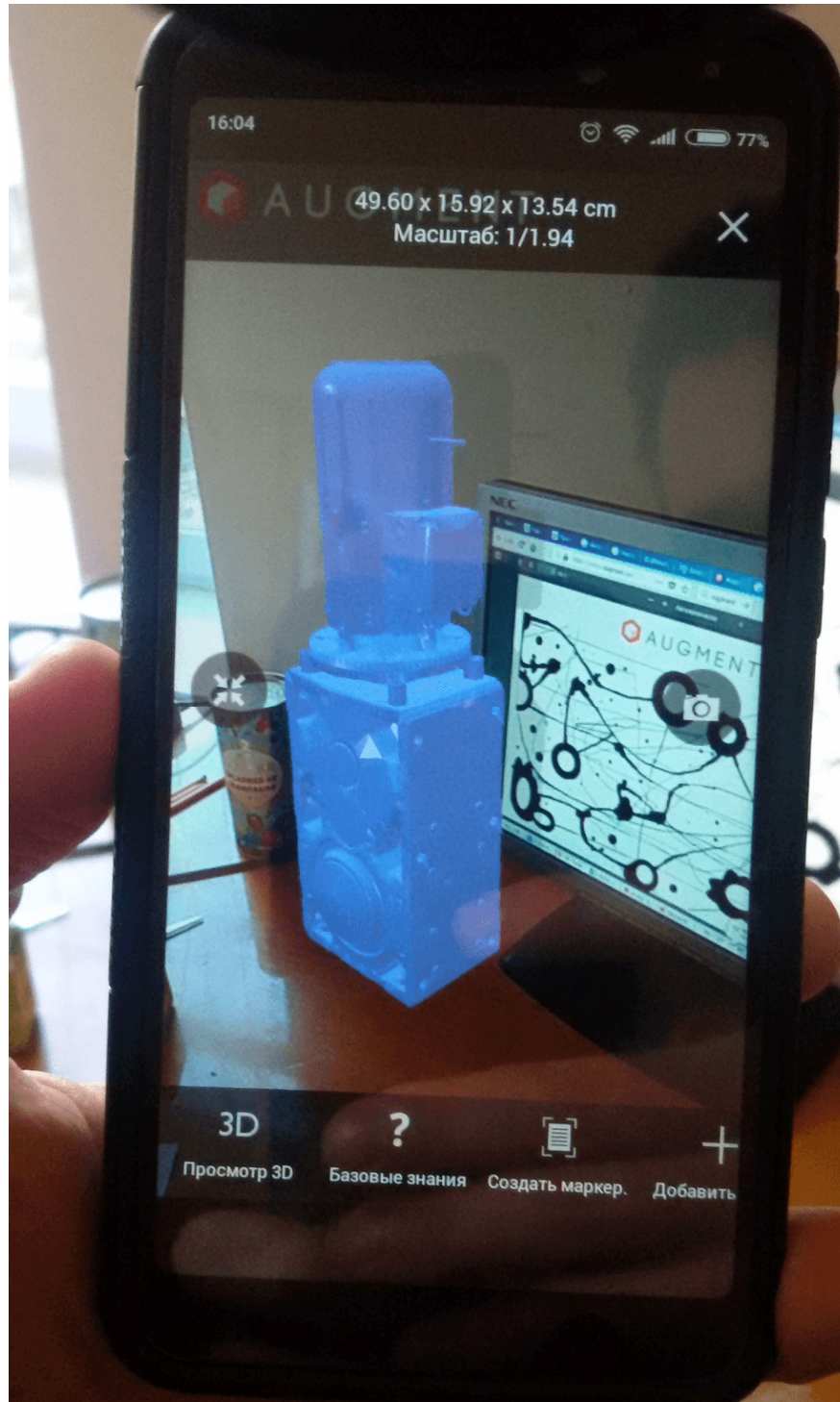


Рис. 2.24. Модель мотор-редуктора Rossi у системі Augment, прив'язана до універсального маркеру

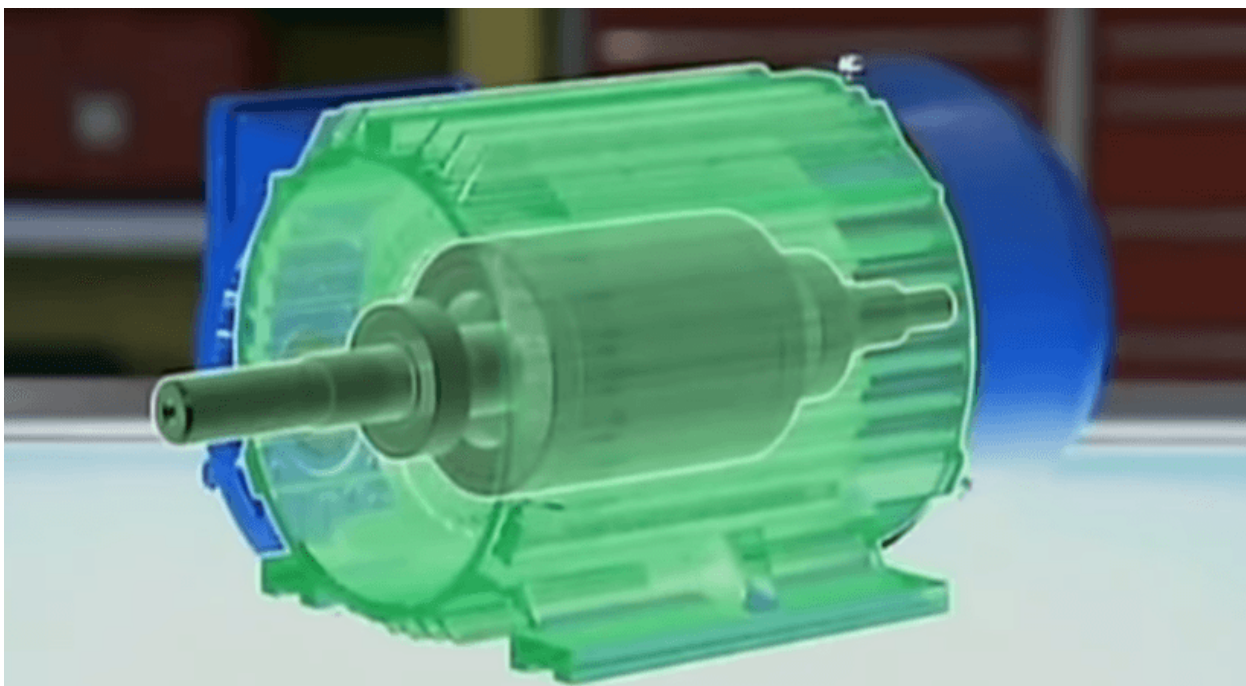


Рис. 2.25. Модель асинхронного двигуна, прив'язана до сцени, що містить реальний об'єкт, у системі HP Reveal

14:31 84%

Розрахунок і побудова природних електромеханічної та механічної характеристик двигуна

Дані двигуна:  $U1н := 380$   $Pн := 11000$   $пн := 953$   $E2H := 220$   $E2н := 200$   $I2н := 35,4$   
 $x1 := 0,465$   $R1 := 0,415$   $x2 := 0,27$   $U1фн := 220$   $R2 := 0,132$   $\frac{Mк}{Mн} := 3,1$   $f1н := 50$   $pп := 3$

Рішення: +

Розрахунок механічної характеристики асинхронного двигуна будемо вести за уточненою формулою Клосса:

$$M := \frac{2 \cdot Mк (1 + a \cdot Sk)}{\frac{S}{Sk} + \frac{Sk}{S} + 2 \cdot a \cdot Sk}$$

де  $Mк$  - критичний момент;  $Sk$  - критичне ковзання;  
 Коефіцієнт приведення опорів  $a := \frac{R1}{R2}$

Рис. 2.26. Задання параметрів моделі та початок розрахунку

Результат розрахунку згідно прикладу 1.60:

Незалежно за набором А, синхронна швидкість  $Ns$  у об/хв : 1500.  
 Незалежно за набором В, синхронна швидкість  $Ns$  у об/хв : 1500.  
 За обома наборами, синхронна швидкість  $Ns$  у об/хв : 750.

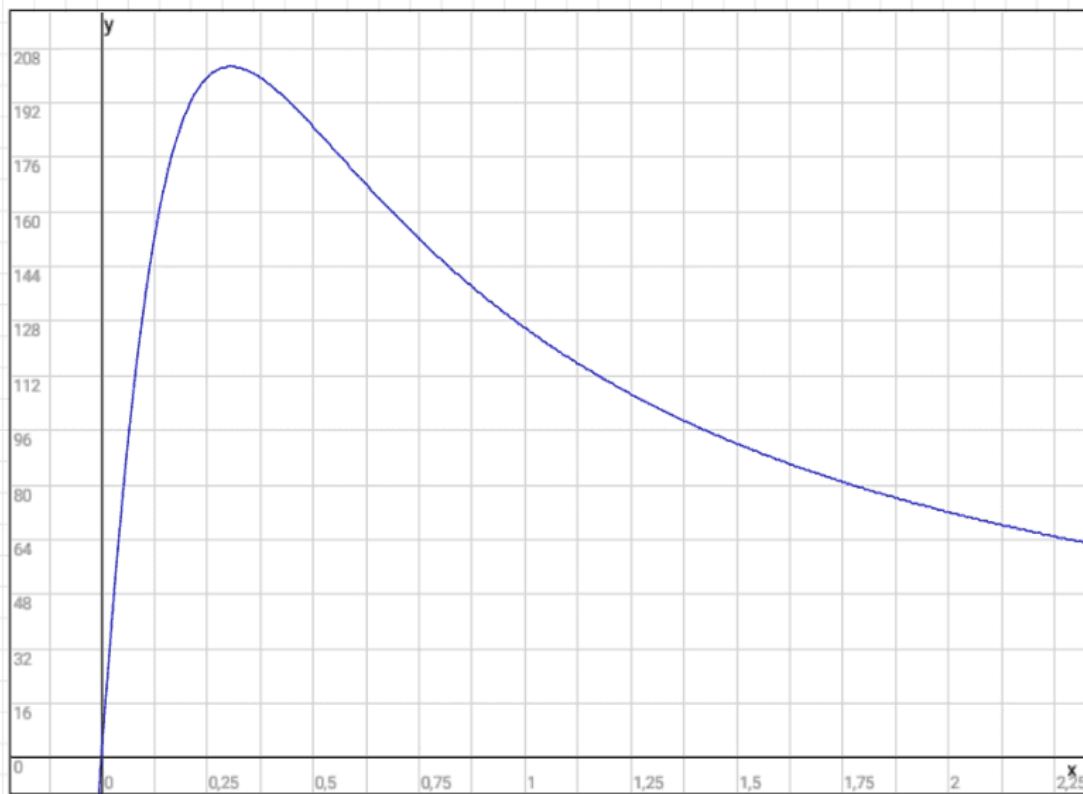


Рис. 2.27. Графік механічної характеристики двигуна

Таким чином, у процесі формування загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати наступне програмне забезпечення мобільних інтернет-пристроїв:

- мобільні засоби доповненої реальності, що використовуються для візуалізації структури об'єктів та результатів моделювання;
- мобільні комп'ютерні математичні системи з об'єктним (SMath Studio) та символьним типом введення (Scilab, Octave, MATLAB, SageCell), що використовується на всіх етапах моделювання;
- хмаро орієнтовані табличні процесори як засоби моделювання та текстові редактори для програмного опису моделей;
- мобільні системи автоматизованого проєктування для створення та для перегляду фізичних властивостей моделей технічних об'єктів;
- мобільні комунікаційні засоби для організації спільної діяльності з моделювання.

### **2.3 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Формування такої загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенція із застосування різних способів подання моделей*, передбачає набуття знань та умінь побудови комп'ютерних математичних та імітаційних моделей, їх алгоритмічного та структурного опису, добору адекватних способу подання засобів комп'ютерного моделювання. Виходячи зі змісту компетенції, її формування та розвиток відбувається протягом усієї професійної підготовки бакалавра електромеханіки, тому виокремлювати провідні для цього процесу навчальні дисципліни недоцільно.

Так, у процесі навчання дисципліни «Обчислювальна техніка та програмування» можна розв'язати розглянуту у модулі 9 «Визначений та невластні інтеграли» навчальної дисципліни «Вища математика» задачу чисельного інтегрування у іншій постановці: замість табличного подання функції застосувати аналітичне, а замість інтерполяційних формул – стохастичний підхід на основі методу Монте-Карло. При цьому використовується перша теорема про середнє значення визначеного інтегралу, згідно якої для криволінійної трапеції, площа якої дорівнює значенню визначеного інтегралу, існує рівний за площею прямокутник, довжина якого дорівнює відрізку інтегрування, а висота – середньому значенню підінтегральної функції на цьому відрізку.

І. М. Соболев у [200] пропонує алгоритм наближеного обчислення визначеного інтегралу методом Монте-Карло, зауважуючи, що «на практиці [однократні] інтеграли ... методом Монте-Карло не обчислюють: для цього є більш точні методи – квадратурні формули. Однак при переході до багатократних інтегралів стан речей змінюється: квадратурні формули стають дуже складними, а метод Монте-Карло залишається майже без

змін» [200, с. 52].

Так, для визначення об'єму під поверхнею функції можна застосувати наступний стохастичний алгоритм:

1. Обмежимо поверхню прямокутним паралелепіпедом, об'єм якого  $V_{par}$  обчислюється як добуток довжини (визначається межами інтегрування  $[a; b]$  за віссю  $Ox$ ) на ширину (визначається межами інтегрування  $[c; d]$  за віссю  $Oy$ ) на висоту (визначається максимальним значенням підінтегральної функції  $f(x, y)$  на області інтегрування  $D$ ).

2. Розташуємо у визначеному паралелепіпеді деяку кількість точок  $N$ , координати яких обиратимемо у випадковий спосіб.

3. Визначимо кількість точок  $K$ , які будуть розташовані під поверхнею функції.

4. Об'єм  $V$ , обмежений функцією та осями координат, задається виразом  $V = V_{par}K/N$ .

З метою здійснення міжпредметної інтеграції доцільно спільно застосувати даний алгоритм та відповідну теорему про середнє значення кратного інтегралу:

1. Обмежимо площину інтегрування відповідними межами  $[a; b]$  за віссю  $Ox$  та  $[c; d]$  за віссю  $Oy$ .

2. Розташуємо на визначеній площині деяку кількість точок  $N$ , координати яких обиратимемо у випадковий спосіб.

3. Виміряємо у кожній точці значення підінтегральної функції  $f(x, y)$  та знайдемо середнє арифметичне  $M$  для всіх  $N$  точок.

4. Значення двократного інтегралу задається виразом  $I = M(b-a)(d-c)$ .

Першу реалізацію виконаємо у тому ж самому середовищі моделювання SageCell, за допомогою якого значення інтегралу обчислювалось детерміністичними методами (рис. 2.28):

```
x,y=var('x,y') #змінні для символного інтегрування

@interact #інтерактивна модель з елементами управління
def _(f=input_box(default=x*y-x^2+y^2, label="$f(x,y)=$", width=20),
      a=input_box(default=0, label="$Нижня\ межа\ інтегрування\ за\ віссю\ Ox\
```

```

a=$", width=3),
  b=input_box(default=2, label="$Верхня\ межа\ інтегрування\ за\ віссю\
Ox\ b=$", width=3),
  c=input_box(default=1.2, label="$Нижня\ межа\ інтегрування\ за\ віссю\
Oy\ c=$", width=3),
  d=input_box(default=7, label="$Верхня\ межа\ інтегрування\ за\ віссю\
Oy\ d=$", width=3),
  N=slider(vmin=1, vmax=100000, step_size=1, default=1000,
label="$Кількість\ точок$"),
  eps=input_box(default=0.1, label="$Точність$", width=6)):

#аналітичне інтегрування двократного інтегралу
I0=integrate(integrate(f,x,a,b),y,c,d)
v=html("Аналітичне значення двократного інтегралу %1.4lf"%I0)

#чисельне інтегрування за методом Монте-Карло
#із наперед відомою кількістю експериментів
sum=0 #сума значень функції f(x,y)
for i in range(N): #цикл за кількістю точок
  xi=random()*(b-a)+a #генерування випадкових значень x та y
  yi=random()*(d-c)+c #в діапазонах [a; b] та [c; d]
  sum=sum+f(xi,yi) #накопичення суми
I=(sum/N)*(b-a)*(d-c) #обчислення інтегралу
v=v+html("\nЧисельне значення двократного інтегралу, обчислене методом
Монте-Карло для %s точок,\ндорівнює %1.4lf"%(N,I))

#чисельне інтегрування за методом Монте-Карло
#із наперед заданою точністю
sum=0 #сума значень функції f(x,y)
N=1 #мінімальна кількість експериментів
while true: #цикл без обмеження за кількістю експериментів
  xi=random()*(b-a)+a #генерування випадкових значень x та y
  yi=random()*(d-c)+c #в діапазонах [a; b] та [c; d]
  sumnext=sum+f(xi,yi) #обчислення наступної суми
  #умова завершення циклу - модуль різниці наступної та попередньої
  #суми стає менше за задану точність
  if(abs(sumnext-sum)<eps):
    break
  else:
    sum=sumnext
  N=N+1 #переходимо до наступного експерименту
I1=(sum/N)*(b-a)*(d-c) #обчислення інтегралу
v=v+html("\nЧисельне значення двократного інтегралу, обчислене методом
Монте-Карло із точністю %1.4lf,\n"
  "дорівнює %1.4lf та потребувало %s точок"%(eps, I1, N))
show(plot3d(f, (x,a,b), (y,c,d))) #візуалізація поверхні функції
show(v)

```

Іншу реалізацію спрямуємо на проведення студентами якомога більшої кількості експериментів для з'ясування того факту, що за однієї й тієї ж кількості експериментів результати моделювання можуть суттєво відрізнятися.

Для цього знову використаємо мобільну версію електронних таблиць,



до якої уведемо наступні значення, що відповідають попередньому коду.

Спочатку – межі інтегрування:

A1  $a$

B1  $0$

A2  $b$

B2  $2$

C1  $c$

D1  $1,2$

C2  $d$

D2  $7$

$$f(x, y) = -x^2 + x*y + y^2$$

Нижня межа інтегрування за віссю  $Ox$   $a = 0$

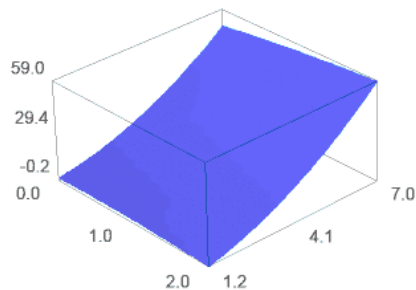
Верхня межа інтегрування за віссю  $Ox$   $b = 2$

Нижня межа інтегрування за віссю  $Oy$   $c = 1.2$

Верхня межа інтегрування за віссю  $Oy$   $d = 7$

Кількість точок

Точність



Аналitiчне значення двократного інтегралу **259.6080**

Чисельне значення двократного інтегралу, обчислене методом Монте-Карло для **1002** точок, дорівнює **256.1886**

Чисельне значення двократного інтегралу, обчислене методом Монте-Карло із точністю **0.0100**, дорівнює **253.1423** та потребувало **1559** точок

Рис. 2.28. Застосування різних моделей для обчислення значення визначеного інтегралу у системі комп'ютерної математики

Наступний крок – уведення формул для випадкових значень  $x$  та  $y$  і обчислення функції від них:

F1  $x$

$$F2 = \text{RAND}() * (\$B\$2 - \$B\$1) + \$B\$1$$

$$G1 = y$$

$$G2 = \text{RAND}() * (\$D\$2 - \$D\$1) + \$D\$1$$

$$H1 = f(x, y)$$

$$H2 = F2 * G2 - F2^2 + G2^2$$

Останній крок – обчислення середнього значення функції та інтегралу:

$$I1 = \text{sum}/N$$

$$I2 = \text{AVERAGE}(H:H)$$

$$J1 = I$$

$$J2 = I2 * (\$B\$2 - \$B\$1) * (\$D\$2 - \$D\$1)$$

Для того, щоб збільшити кількість точок, необхідно скопіювати діапазон F2:H2 у будь-яку кількість інших рядків. Результати моделювання подані на рис. 2.29.

fx   =I2*(B2-B1)*(D2-D1)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	a	0	c	1,2		x	y	f(x,y)	sum/N	I
2	b	2	d	7		1,652183066	6,130320383	44,97953064	22,37720034	259,575524
985						0,03203005973	1,98753674	4,01293729		
986						0,1779508368	1,665179375	3,037475914		
987						1,083475535	1,506988334	2,729879594		
988						1,832478526	6,085571744	44,82788544		
989						0,7376209643	2,521369886	7,673036702		
990						0,4107830344	4,014181025	17,59386406		
991						0,1369868196	5,618305595	32,31622618		
992						0,5967027777	2,022590381	4,941702945		
993						1,390530277	6,093267424	43,66720629		
994						0,9838532541	4,115652797	20,01982912		
995						1,523217795	6,957248278	56,68051554		
996						1,553120525	1,274471552	1,191502299		
997						0,7101527516	3,931114998	17,74104033		
998						1,875779905	6,799857308	55,47454485		
999						1,570466309	6,017957051	43,20044143		
1000						0,267644216	6,082051505	38,54754299		

Рис. 2.29. Застосування методу Монте-Карло для обчислення значення визначеного інтегралу у мобільних електронних таблицях

Обговорення двох реалізації однієї моделі надає можливість зробити висновки як про правильність реалізації, так й про доцільність використання

обраного засобу моделювання. Так, при використанні електронних таблиць збільшення кількості експериментів можливе лише шляхом додавання нових рядків, проте будь-які зміни на робочому аркуші приводять для генерування нових випадкових чисел – замість уточнення результатів попереднього експерименту студент проводить новий експеримент. Водночас й при використанні моделі в системі комп'ютерної математики можна впевнитись у помилковості умови завершення циклу – замість умови  $\text{abs}(\text{sumnext}-\text{sum}) < \text{eps}$  необхідно використовувати умову  $\text{abs}(\text{sumnext}/N-\text{sum}/(N-1)) < \text{eps}$  для всіх кроків, крім першого: застосування попередньої умови може призвести як до завчасного завершення циклу (якщо значення функції буде близьким до нуля на перших кроках), так й до завищення кількості ітерацій (якщо значення функції стане близьким до нуля після досягнення необхідної точності), і навіть до «вічного» циклу (якщо значення функції на обраній області не будуть меншими за точність).

Важливою складовою компетенції із застосування різних способів подання моделей є формування здатності до добору адекватних способу подання моделі засобів комп'ютерного моделювання. Одним із традиційних для навчання моделювання засобів ІКТ є системи комп'ютерної математики. Так, у [156] вказано на доцільність застосування їх разом із системами підтримки навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів, такими як система Moodle, доповненої розробленим фільтром SageCell [168]. Вказаний фільтр здатен реалізовувати чисельне розв'язування систем диференціальних рівнянь, що описують математичні моделі, безпосередньо у системі підтримки навчання.

Однак використання тільки систем комп'ютерної математики (навіть таких потужних, як SageMath [67]) для навчання моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки є недостатнім, оскільки при синтезі та обчисленні моделей систем керування, елементів електроприводу та ін. використовуються насамперед засоби візуального моделювання, що надають можливість будувати динамічні моделі (дискретні, неперервні та моделі

систем із розривами). Це визначає необхідність та доцільність об'єднання традиційних систем комп'ютерної математики зі спеціалізованими бібліотеками для моделювання технічних об'єктів у оболонки для візуального конструювання моделей. При цьому вибір середовища для моделювання повинен урахувати специфіку майбутньої професійної діяльності, якою для бакалаврів електромеханіки є синтез відповідних технічних об'єктів – електромеханічних систем.

Опанування моделювання технічних об'єктів забезпечує теоретичне та практичне наповнення фундаментальної, загально та спеціалізовано-професійної підготовки бакалавра електромеханіки. У зв'язку з цим бажано, щоб середовище для їх моделювання надавало користувачеві доступ не лише до традиційних бібліотек моделювання неперервних та дискретних динамічних систем, а й до бібліотек для електричних машин та силових перетворювачів. Крім того, для досягнення цілі мобільності навчання середовище моделювання повинно мати високий рівень кросплатформенності (зокрема, доступ через Web-інтерфейс) та бути вільно поширюваним.

З метою обґрунтованого вибору середовища моделювання технічних об'єктів для бакалаврів електромеханіки було проведено експертне оцінювання найбільш поширених систем візуального моделювання, результати якого подано у таблиці 2.2.

На поточний момент найбільшу експертну оцінку має середовище Scilab, переваги використання якого у 2011 році визнало Міністерство національної освіти, вищої освіти і науки Франції, надавши Scilab знак визнання його педагогічної значущості для навчання математики «Reconnu d'Intérêt Pédagogique» [71].

Згідно [70], Scilab – пакет наукових програм для чисельних обчислень, що надає потужне відкрите середовище для розрахунків, схожу на Matlab мову і набір функцій для математичних, інженерних і наукових розрахунків. Пакет підходить для професійного застосування і використання у ЗВО,

надаючи інструменти для різноманітних обчислень: від візуалізації, моделювання та інтерполяції до диференціальних рівнянь та математичної статистики. Підтримується виконання сценаріїв, написаних для Matlab.

Таблиця 2.2

### Порівняння середовищ моделювання технічних об'єктів

Середовище моделювання	Наявність вільно поширюваної версії («так» – 3 бали, «ні» – 0 балів, «так (з обмеженнями)» – 1 бал)	Кількість підтримуваних операційних систем (за кожен систему – 0,5 бали, за «∞» – 1 бал)	Наявність Web-інтерфейсу («так» – 3 бали)	Наявність бібліотек для моделювання неперервних систем («так» – 5 бали)	Наявність бібліотек для моделювання дискретних систем («так» – 5 бали)	Наявність бібліотек електричних машин («так» – 2 бали)	Наявність бібліотек силових перетворювачів («так» – 2 бали)	Загальна оцінка
Analytica	так (з обмеженнями)	1 (W*)	так	ні	ні	ні	ні	4,5
AnyLogic	так	3 (WML)	ні	ні	ні	ні	ні	4,5
GoldSim	ні	1 (W)	ні	ні	ні	ні	ні	0,5
Insight Maker	так	∞ (JS)	так	ні	ні	ні	ні	7
MapleSim	ні	3 (WML)	ні	ні	ні	так	так	5,5
Minsky	так	3 (WML)	ні	ні	ні	ні	ні	4,5
Rand Model Designer	ні	1 (W)	ні	так	так	ні	ні	10,5
Scilab Xcos	так	3 (WML)	так	так	так	ні	ні	17,5
Simantics System Dynamics	так	1 (W)	ні	ні	ні	ні	ні	3,5
Simile	так (з обмеженнями)	3 (WML)	так	ні	ні	ні	ні	5,5
Simulink	ні	3 (WML)	ні	так	так	так	так	15,5
Temporal Reasoning Universal Elaboration	ні	1 (W)	ні	ні	ні	ні	ні	0,5
Vensim	так	2 (WM)	ні	ні	ні	ні	ні	4
VisSim	ні	1 (W)	ні	ні	ні	ні	ні	0,5
Wolfram SystemModeler	ні	3 (WML)	ні	ні	ні	так	так	5,5

\* W – Windows, M – macOS, L – Linux, JS – JavaScript

Scilab був створений у 1990 році вченими INRIA (Institut national de recherche en informatique et en automatique – Державний інститут досліджень з інформатики та автоматки) [42] та ENPC (École nationale des ponts et chaussées – Національна школа мостів та доріг). Спочатку він називався Psilab (Psilab). Консорціум Scilab був створений у травні 2003 р. для сприяння використанню Scilab як відкритого програмному забезпеченню в академічній та промисловій сферах. У липні 2008 року, щоб поліпшити передачу технологій, консорціум Scilab приєднався до Digiteo Foundation [74].

У червні 2010 року Консорціум Scilab оголосив про створення Scilab Enterprises [37]. Scilab Enterprises розвиває і продає, безпосередньо або через міжнародну мережу постачальників афілійованих послуг, комплексний набір послуг для користувачів Scilab. Scilab Enterprises також розробляє та підтримує програмне забезпечення Scilab. Кінцева мета компанії Scilab Enterprises – допомогти зробити використання Scilab більш ефективним та легким. З лютого 2017 року Scilab розробляється та публікується компанією-розробником промислової віртуальної реальності ESI Group [38].

Scilab містить сотні математичних функцій з можливістю додавання нових, написаних на різних мовах (C, C++, Fortran та ін.). Підтримуються різноманітні структури даних (списки, поліноми, раціональні функції, лінійні системи), інтерпретатор і мова високого рівня.

Scilab був спроектований так, щоб бути відкритою системою, до якої користувачі можуть додавати свої типи даних і операції над цими даними шляхом перевантаження.

У системі доступно багато інструментів:

- 2D і 3D графіка, анімація;
- лінійна алгебра, у т. ч. робота із розрідженими матрицями;
- поліноміальні та раціональні функції;
- інтерполяція, апроксимація;
- диференціальні рівняння;
- Scicos: гібридний засіб для моделювання динамічних систем;

- оптимізація;
- обробка сигналів;
- паралельні обчислення;
- статистика;
- робота з комп'ютерною алгеброю;
- інтерфейс до Fortran, Tcl/Tk, C, C++, Java, LabVIEW;

Scilab має схожу з MATLAB мову програмування, в складі системи є утиліта, що дозволяє конвертувати документи Matlab у Scilab.

Scilab дозволяє працювати з елементарними і великим числом спеціальних функцій (Бесселя, Неймана, інтегральні функції), має потужні засоби роботи з матрицями, поліномами (у тому числі і символічний), проведення чисельних обчислень (наприклад, чисельного інтегрування) і розв'язання задач лінійної алгебри, оптимізації і симуляції, потужні статистичні функції, а також засіб для побудови і роботи з графіками. Для чисельних розрахунків використовуються бібліотеки Lapack, LINPACK, ODEPACK, Atlas та інші.

До складу пакету також входить Scicos – інструмент для редагування блокових діаграм і симуляції (надбудова над ним Xcos є аналогом пакету Simulink у MATLAB). Є можливість спільної роботи Scilab з програмою LabVIEW.

Відмінні особливості Scilab:

- безкоштовність;
- малий розмір (дистрибутив займає менше 150 Мб);
- можливість запуску в консолі без використання графічного інтерфейсу. Це дозволяє проводити автоматизовані обчислення у пакетному режимі.

Починаючи з версії 6, програма розповсюджується під сумісною з GPL ліцензією CeCILL license [13].

Незважаючи на недостатню зручність текстового інтерфейсу, його найлегше адаптувати до мобільних інтернет-пристроїв. Серед відомих

реалізацій Scilab для ОС Android виділимо дві – Scilab on Aakash та Scilab Console Free.

*Scilab on Aakash* [72] є індійською розробкою, що підтримується як у версіях для Android, так й у GNU/Linux Aakash. У Android Scilab є частиною бібліотеки APL (Aakash Programming Lab [29], розробник – Indian Institute of Technology Bombay), яка надає Scilab 5.4. Всі функції Scilab не можуть бути відтворені на Android, тому розробники надають користувачеві усього 2 вікна (рис. 2.30): введення команд та перегляду результатів їх виконання.

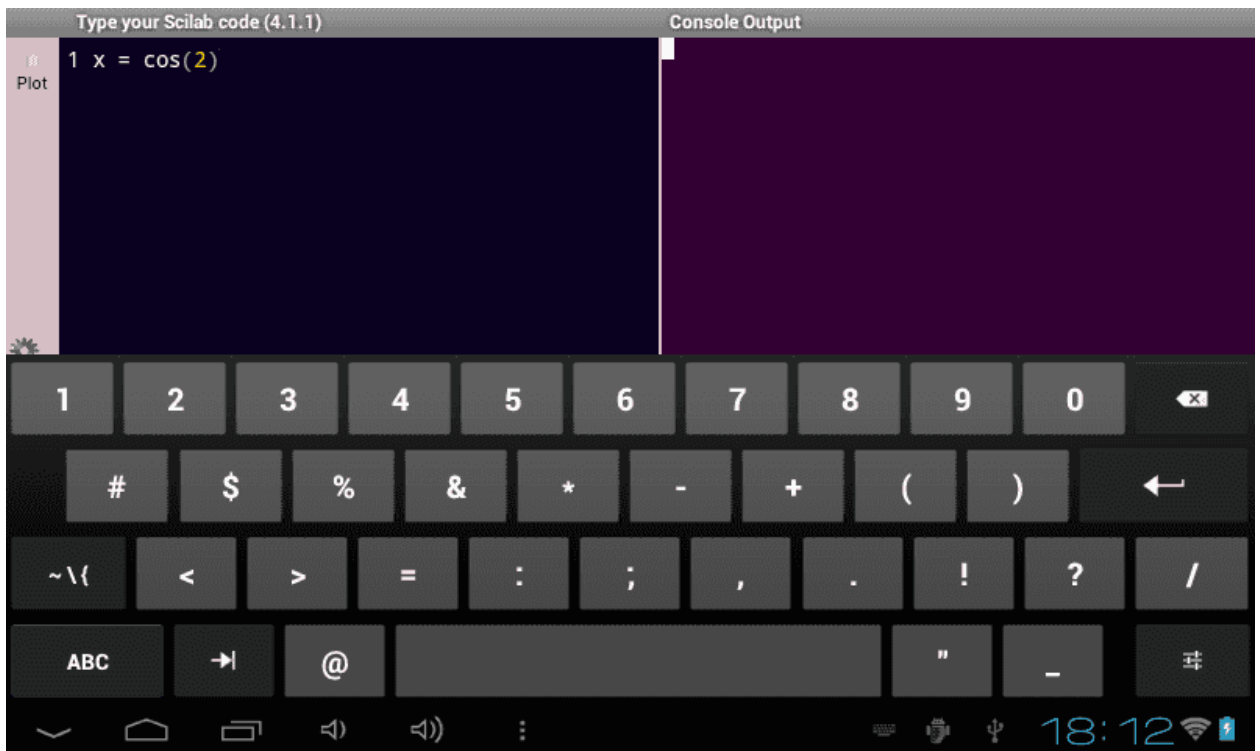


Рис. 2.30. Віконний інтерфейс Scilab on Aakash

При виконанні графічних команд за умови обраної опції Plot результати їх виконання відобразатимуться в окремому вікні (рис. 2.31). Дана версія Scilab може бути визнана мобільною, але не повнофункціональною.

*Scilab Console Free* (рис. 2.32) – це мобільна версія Scilab для ОС Android та iOS. Так само, як й Scilab on Aakash, це не повнофункціональна версія Scilab 5.4.1: графічні функції Scilab та Xcos не активовані. Розробники даного продукту пішли легким шляхом – для досягнення мобільності на



пристрій спочатку доводиться встановлювати один із варіантів Linux (наприклад, за допомогою GNUroot Debian [30]).

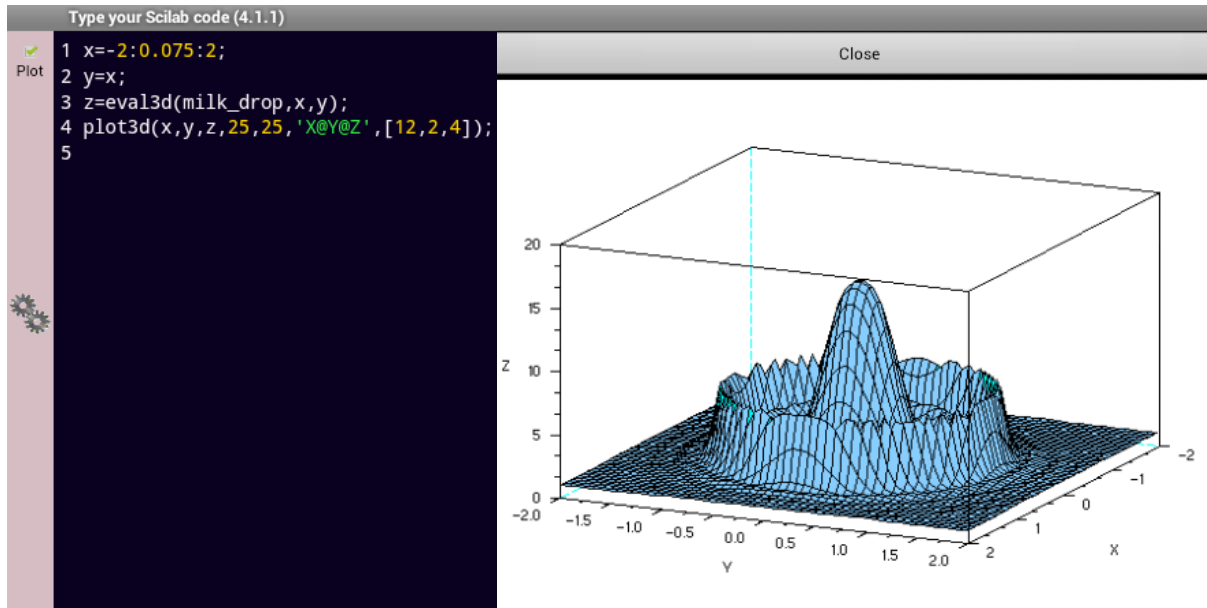


Рис. 2.31. Графічні побудови у Scilab on Aakash

```
root@localhost:/# scilab -nw
Scilab 5.5.1 (Mar 1 2015, 12:13:12)
-->2+2
ans =
    4.
-->|
```

Рис. 2.32. Запуск Scilab Console Free

Мобільність даної версії Scilab досягається шляхом перенесення мобільної операційної системи Linux та її програмного оточення у ОС Android та iOS. Через це Scilab Console Free є достатньо вимогливим до внутрішньої пам'яті мобільного пристрою та версії операційної системи.

Стандартний Web-інтерфейс до Scilab, що пропонується *Cloud Scilab* [87], не передбачає інтерфейсу користувача, подібного до повнофункціональної версії – надається лише можливість розміщення

створених користувачем моделей із Web-інтерфейсом (application deployment – «розгортання» програм на хмарному сервері) шляхом створення та оприлюднення інтерактивних документів, програмна частина яких виконується на боці сервера, що економить ресурси мобільного інтернет-пристрою (рис. 2.33).

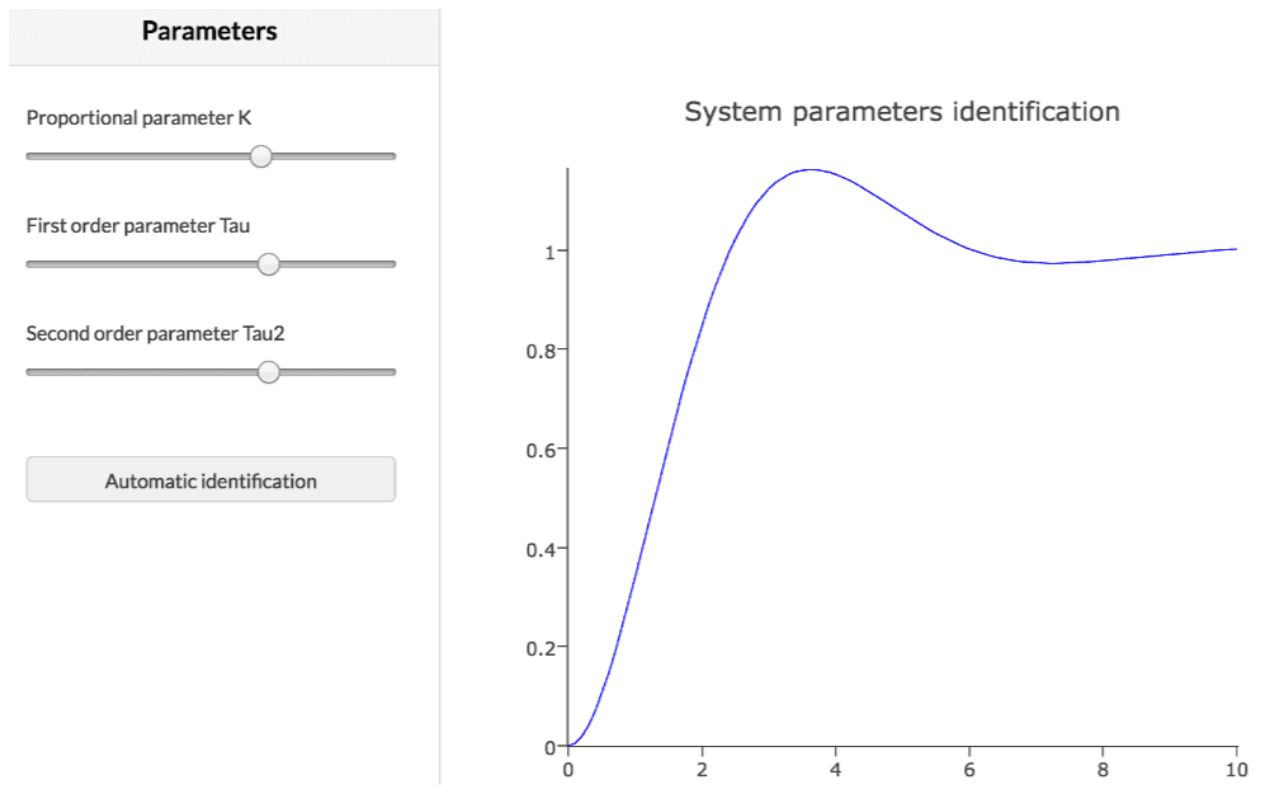


Рис. 2.33. Приклад інтерактивного документа у Scilab Cloud

Це надає ряд переваг:

- централізація даних, що використовуються та створюються користувачською програмою;
- відсутність необхідності встановлення програмного забезпечення на боці клієнта;
- приховування коду від кінцевих користувачів (як складова захисту інтелектуальної власності);
- централізація коду Scilab для забезпечення ефективної роботи програм.

Програми, розгорнуті в Scilab Cloud, описуються мовою Scilab (як алгоритми, так й інтерфейс користувача). Це дозволяє створювати програми з

візуальним інтерфейсом як для розгортання у хмарі (працюють у Scilab Cloud з відображенням через веб-браузер), так й традиційного виконання (запуск із Scilab на комп'ютері користувача).

Незважаючи на високий рівень мобільності, використання Cloud Scilab супроводжується рядом проблем:

– розгортання програм доступно лише за наявності адміністративних привілеїв (потребує додаткової платні постачальнику хмарних послуг);

– інтерфейс надається лише для користувачьких моделей, а не до всього інтерфейсу Scilab.

За функціональністю даний сервіс є подібним до Wolfram Demonstrations Project, проте, на відміну від останнього, оприлюднювати демонстрації можуть усі користувачі, а не лише адміністратори сервісу, що відповідає моделі поширення документів у CoCalc. Проте Scilab Cloud не надає доступ до модуля Xcos. Крім того, фактично єдиним джерелом про Scilab Cloud є матеріали вебінарів, що проводяться співробітниками Scilab Enterprises [88], що не сприяє широкому використанню даного Web-інтерфейсу.

Суттєво більш відкритим є W3 Scilab [84] – індійський Web-інтерфейс до Scilab, покладений у основу Scilab on Aakash. Інтерфейс дозволяє користувачам надсилати короткі фрагменти коду Scilab на віддалений сервер, отримувати код Scilab на цьому сервері, повертати назад і відобразити результати виконання у веб-браузері.

Xcos є доповненням до Scilab, що надає можливості синтезу математичних моделей в галузі механіки, гідравліки, електроніки та електромеханіки. Дане середовище візуального моделювання призначене для розв'язання задач динамічного моделювання систем, процесів, пристроїв, а також тестування та аналізу цих систем. При цьому об'єкт, що моделюється (система, пристрій, процес), подається графічно блок-схемою, що включає блоки елементів системи і зв'язки між ними (рис. 2.34).

Найбільш вагомими критеріями, що зумовили вибір Scilab як засобу

навчання моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки, є наявність бібліотек для моделювання неперервних систем (5 балів), наявність бібліотек для моделювання дискретних систем (5 балів) та наявність Web-інтерфейсу (3 бали). Останнє надає можливість його використання на мобільних інтернет-пристроях.

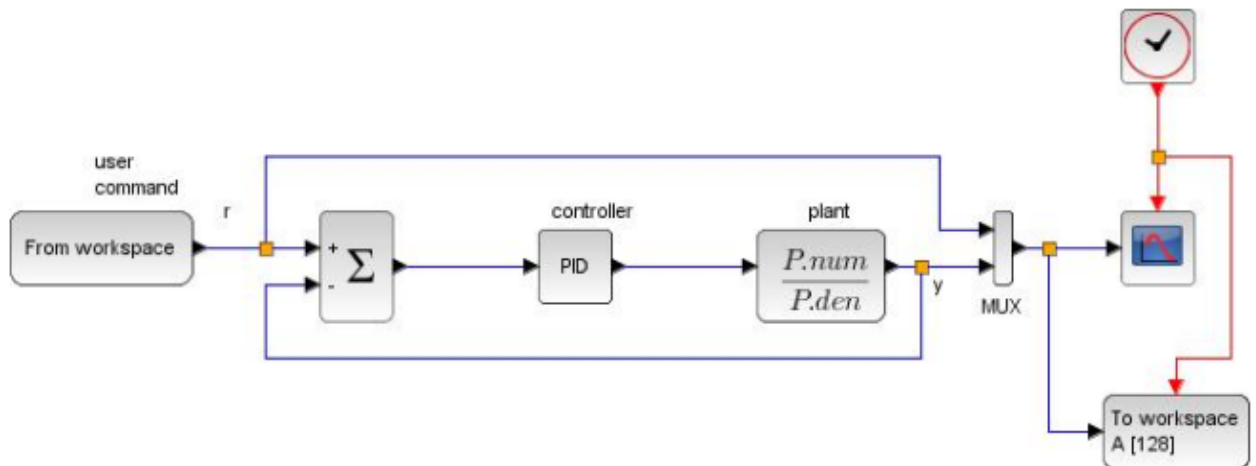


Рис. 2.34. Приклад моделі у Scilab Xcos

Сервіс Xcos on Cloud розв'язує цю проблему, надаючи можливість побудови імітаційних моделей технічних об'єктів (зокрема, електромеханічних систем) у мобільному Web-браузері. Поточна мета проєкту Xcos on Cloud (колишній Xcos on Web) – відтворити повнофункціональну версію Scilab Xcos з доступом через мобільний Web-браузер [90].

Основні компоненти головного вікна Xcos on Cloud подано на рис. 2.35.

Основну частину головного займає область побудови моделей. З лівого боку розташована так звана палітра блоків – бібліотека елементів, з яких будується модель. Для використання будь-якого блоку достатньо перетягнути його з палітри у область побудови моделей. Блоки з'єднуються між собою лініями зв'язку.

На рис. 2.36 показано модель двигуна постійного струму, побудована у Xcos on Cloud.

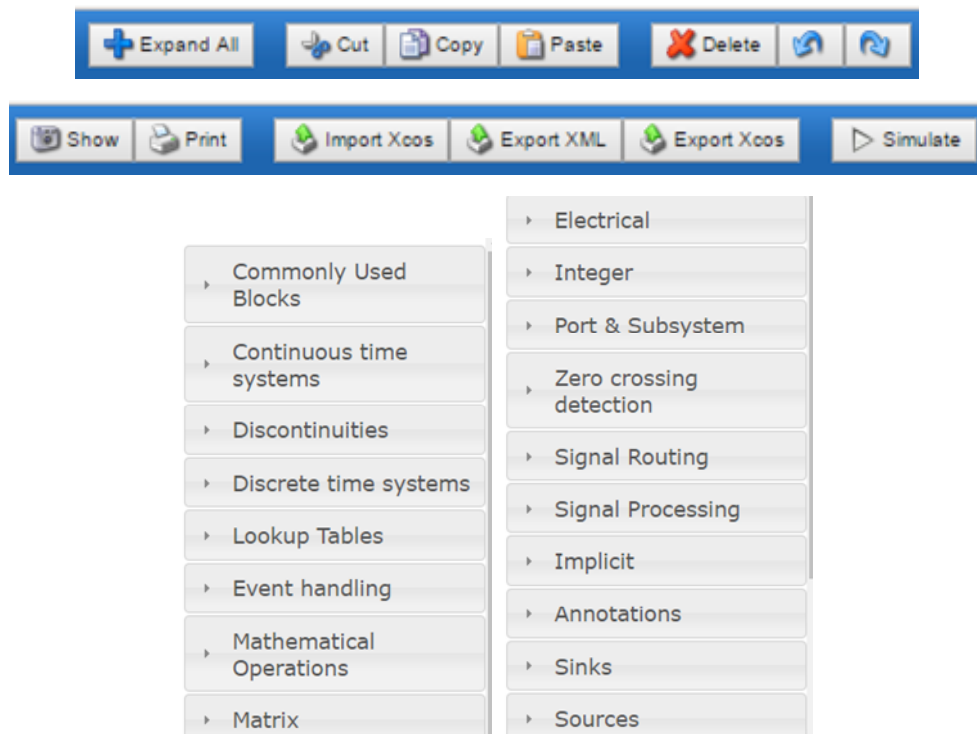


Рис. 2.35. Компоненти головного вікна Xcos on Cloud

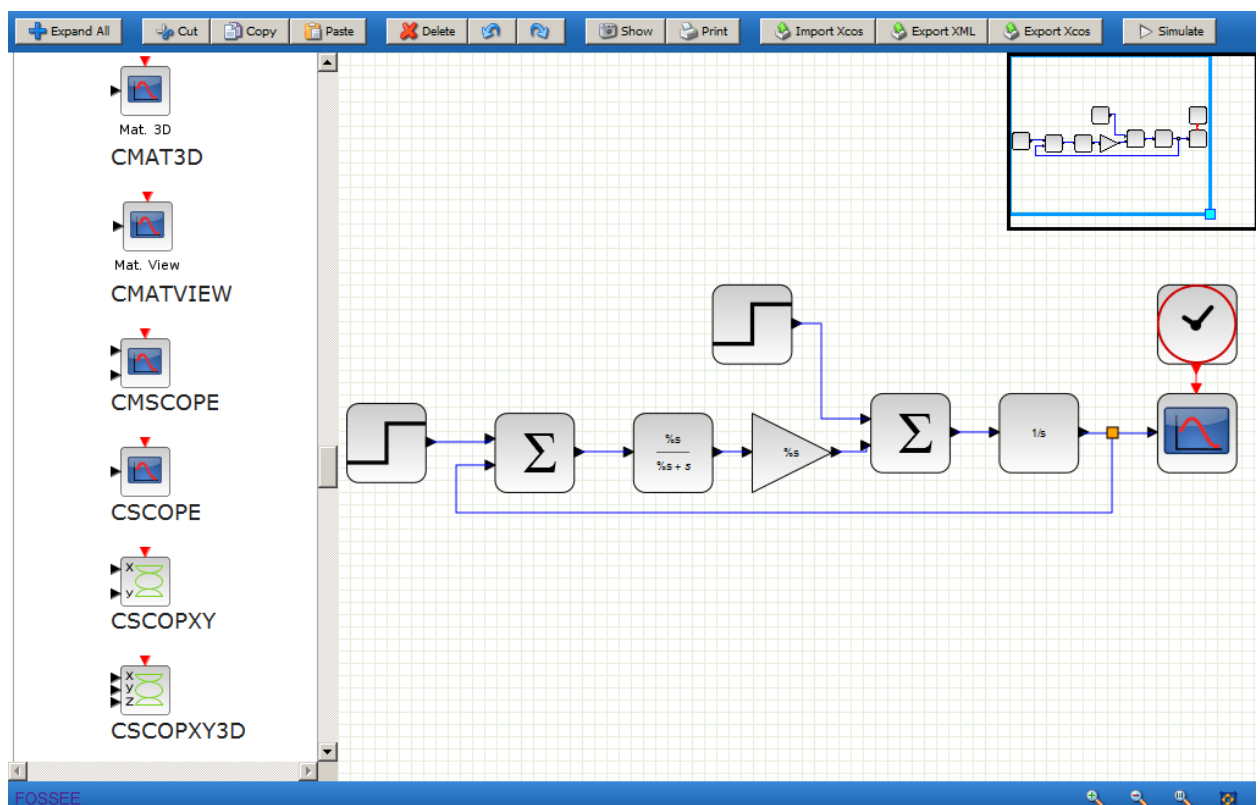


Рис. 2.36. Модель двигуна постійного струму у Xcos on Cloud

Блоки моделі мають різні параметри, що налаштовуються користувачем подвійним натисканням на обраному блоці. На жаль, проєкт

все ще знаходиться на стадії попередньої розробки, тому не всі налаштування є доступними: так, блоки аперіодичної ланки першого порядку (CLR) та підсилювача (GAIN) у побудованій моделі є неналаштованими, про що свідчить специфікатор формату '%s'. Це унеможливило проведення експериментів на моделі натисканням кнопки *Simulate*. Тимчасовий варіант обходу цієї проблеми полягає в можливості Xcos on Cloud обміну даними із традиційною версією Scilab Xcos через засоби експорту даних.

Фрагмент XML-подання побудованої моделі двигуна постійного струму:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<XcosDiagram background="-1" title="MavXcos">
  <mxGraphModel as="model">
    <root>
      <mxCell id="0"/>
      <mxCell id="1" parent="0"/>
      <BasicBlock blockType="c" id="2"
interfaceFunctionName="STEP_FUNCTION" parent="1"
simulationFunctionName="csuper" simulationFunctionType="DEFAULT"
style="STEP_FUNCTION">
    ...
  </root>
</mxGraphModel>
<mxCell id="1" parent="0" as="defaultParent"/>
</XcosDiagram>
```

Реалізація у Xcos on Cloud повної функціональності Scilab Xcos створює умови для переходу у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів до використання мобільних інтернет-пристроїв. Схожі можливості надає повна віртуалізація Scilab on rollApp [73].

Формування такої загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенція із розв'язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій*, передбачає набуття знань в галузі обчислювальної техніки та програмування, уміння створювати прикладне програмне забезпечення, володіння навичками роботи із засобами ІКТ для розв'язання задач в галузі електромеханіки. Формування цієї компетенції розпочинається у навчальній дисципліні «Обчислювальна техніка та програмування» та відбувається разом із формуванням загальнонаукової

складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, зокрема компетенцій в інформаційно-комунікаційних технологіях та у прикладній математиці. Її подальший розвиток відбувається у процесі розробки моделей, що розглядаються у навчальних дисциплінах «Теорія автоматичного управління» та «Моделювання електромеханічних систем».

Метою вивчення дисципліни «Теорія автоматичного управління» є опанування способів постановки задач, принципів побудови систем автоматичного управління, методів аналізу та синтезу лінійних, нелінійних, імпульсних, цифрових, адаптивних та оптимальних систем із застосуванням сучасних програмних комплексів для моделювання динамічних систем.

У результаті вивчення дисципліни студенти, зокрема, мають набути умінь:

- складати диференційні рівняння елементів систем автоматичного управління та системи в цілому;
- складати і перетворювати структурні схеми систем автоматичного управління (САУ);
- визначати часові функції та часові характеристики системи автоматичного управління та її елементів за умов дії сигналів різного роду;
- визначати частотні функції та характеристики систем автоматичного управління;
- аналізувати стійкість лінійних, імпульсних та нелінійних систем автоматичного управління;
- розраховувати управляючі пристрої (регулятори), які забезпечують необхідні показники якості, у тому числі з використанням методу простору станів;
- синтезувати системи автоматичного управління за умов дії випадкових сигналів;
- застосовувати адаптивні методи для управління нестационарними об'єктами.

Так, на лекціях другого модуля «Властивості та характеристики замкнених САУ. Синтез лінійних неперервних САУ» розглядаються питання впливів на систему та вимоги до процесу управління, стійкості замкнених САУ, стаціонарні (усталені) режими лінійних САУ, оцінювання якості САУ при сходинкових та довільних впливах, частотні методи оцінювання якості САУ, наближені методи вибору закону регулювання та параметрів регулювальників, синтез САУ за логарифмічними частотними характеристиками. Для закріплення даного матеріалу пропонуються лабораторні роботи «Аналіз стійкості та якості САУ» та «Синтез та дослідження САУ для об'єктів із запізненням». Розглянемо використання засобів ІКТ для розв'язання другої із них.

*Мета роботи:* дослідження впливу ланки запізнювання на стійкість та якість системи автоматичного управління.

#### *Зміст роботи*

1. Вивчення впливу ланки запізнювання на характеристики системи автоматичного управління.
2. Експериментальне одержання перехідних та частотних характеристик системи із запізнюванням.

#### *Теоретичні відомості*

До складу систем автоматичного управління можуть входити *ланки запізнювання*, рівняння яких мають вигляд:

$$y(t) = x(t - \tau), \quad (2.1)$$

де  $\tau$  – час запізнювання.

Передавальна функція такої ланки відповідно до теореми запізнювання (властивості перетворення Лапласа):

$$W_{\text{зап}}(s) = e^{-s\tau}. \quad (2.2)$$

Системи автоматичного управління, до складу яких входить ланка запізнювання, називаються *системами із запізнюванням*.

Ланка запізнювання може включатися до прямого ланцюга системи або до ланцюга зворотного зв'язку. Причому, незалежно від місця включення



ланки запізнювання, характеристичне рівняння замкнутої системи із запізнюванням має вигляд:

$$D_{\tau}(s) = Q(s) + R(s)e^{-s\tau} = 0, \quad (2.3)$$

де  $Q(s)$  і  $R(s)$  – відповідно поліноми знаменника і чисельника передавальної функції розімкнутої системи без запізнювання.

Це характеристичне рівняння не є поліномом і має нескінченну множину коренів. Тому для дослідження стійкості систем із запізнюванням необхідно використовувати частотні критерії стійкості, такі як критерій стійкості Найквіста. Висновок про стійкість системи можна зробити на підставі аналізу амплітудно-фазової частотної характеристики (АФЧХ) розімкнутої системи із запізнюванням.

Можна показати, що наявність ланки запізнювання не змінює модуля  $A(\omega)$  АФЧХ розімкнутої САУ, а вносить лише додатковий від'ємний фазовий зсув  $-\omega\tau$ . Змінюючи час запізнення  $\tau$  в широких межах, можна знайти таке його значення, при якому замкнута система буде знаходитися на межі стійкості. В цьому випадку АФЧХ розімкнутої системи із запізнюванням буде проходити через точку  $(-1; 0) = -1 + j0$ .

Час запізнення  $\tau_{кр}$  і відповідне йому значення частоти  $\omega_{кр}$ , за яких АФЧХ проходить через точку  $(-1; 0)$ , називають *критичними*. Для критичного випадку справедливі умови:

$$A(\omega_{кр}) = 1; \phi_{\tau}(\omega_{кр}) = -\pi. \quad (2.4)$$

Система автоматичного управління буде *стійкою*, якщо час запізнення  $\tau$  менший за критичний:  $\tau < \tau_{кр}$ .

#### *Порядок виконання роботи*

Дослідженню підлягає система автоматичного управління, до складу якої входить ланка запізнювання.

1. Передавальна функція розімкнутої системи автоматичного управління без запізнювання має вигляд:

$$W(s) = \frac{K}{s(T_1s + 1)(T_2s + 1)}. \quad (2.5)$$

Значення коефіцієнта передачі  $K$  та постійних часу  $T_1$  і  $T_2$  наведені у таблиці:

№ варіанту	1	2	3	4	5
$K, \text{c}^{-1}$	5	3	1	10	8
$T_1, \text{c}$	0,5	0,1	0,05	0,05	0,04
$T_2, \text{c}$	0,01	0,05	0,01	0,2	0,1

За допомогою пакету Scilab побудувати перехідну характеристику  $h(t)$  замкнутої системи з одиничним від'ємним зворотним зв'язком (рис. 2.37, 2.38). Зробити висновок про стійкість системи.

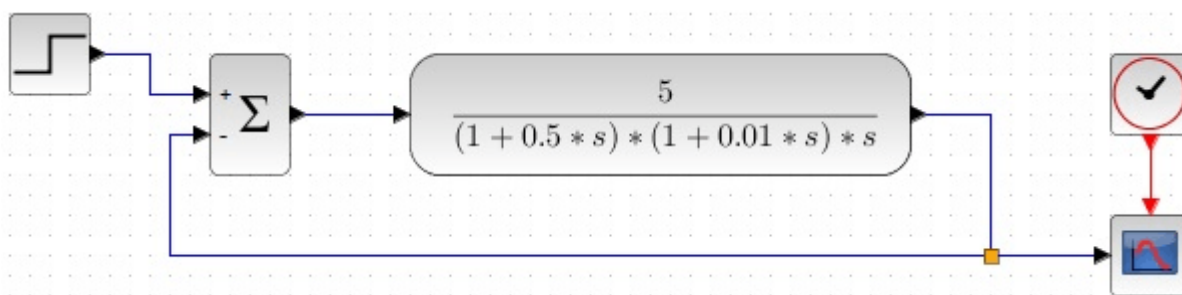


Рис. 2.37. Структурна схема замкнутої САУ без запізнювання

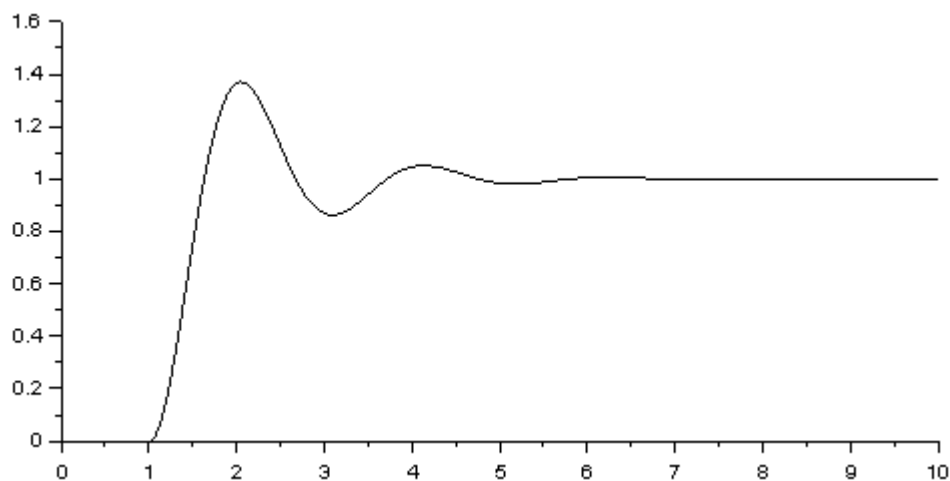


Рис. 2.38. Перехідна характеристика замкнутої системи з одиничним від'ємним зворотним зв'язком без запізнення

2. Увести до прямого ланцюга системи ланку запізнення з часом запізнення  $\tau = 0,01 \text{ c}$  (рис. 2.39), побудувати перехідну характеристику системи із запізненням (рис. 2.40) і зробити висновок, як ланка запізнення впливає на якість перехідного процесу.

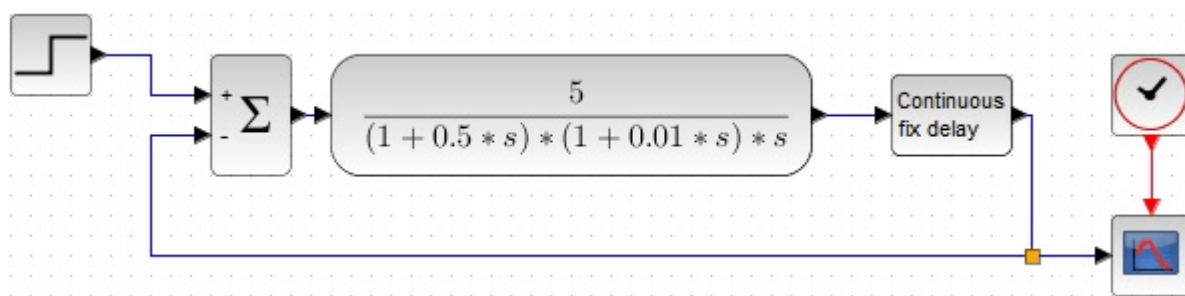


Рис. 2.39. Структурна схема замкнутої САУ із запізнюванням

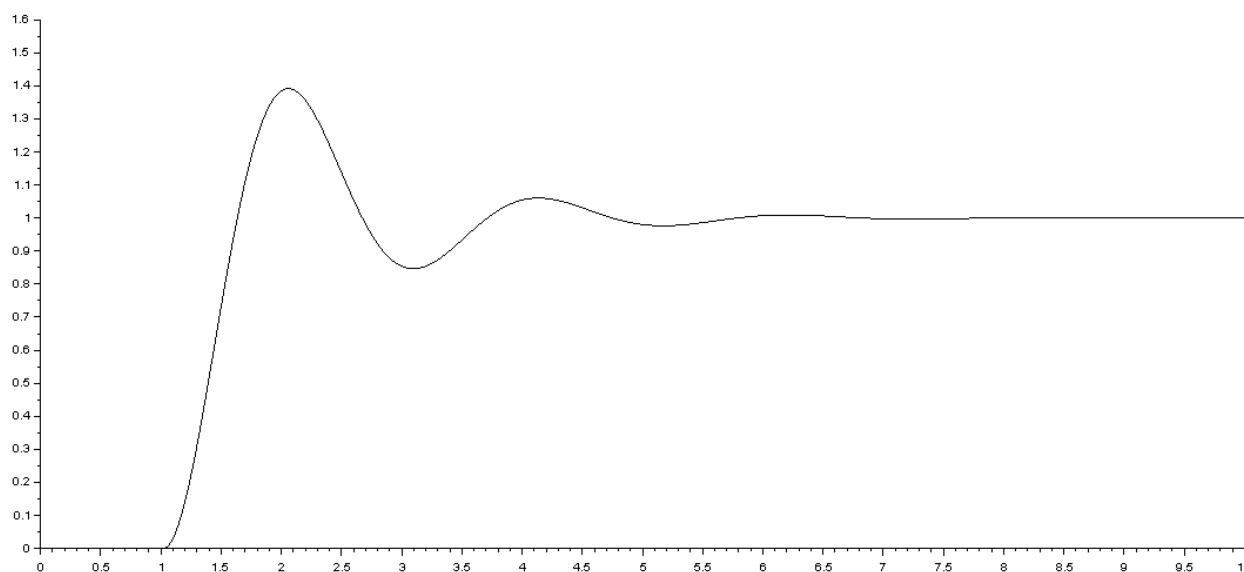


Рис. 2.40. Перехідна характеристика замкнутої системи з одиничним від'ємним зворотним зв'язком із запізнюванням  $\tau = 0,01$  с

3. Збільшуючи час запізнення, простежити, як змінюється перехідна характеристика системи (рис. 2.41); зробити так, щоб система втратила стійкість (перехідний процес розбігається).

4. Визначити експериментально значення критичного часу запізнення  $\tau_{кр}$ , при якому система буде знаходитись на межі стійкості (перехідний процес буде незатухаючим).

5. Повторити пункти 2-4 для випадку, коли ланку запізнення включено до ланцюга зворотного зв'язку. Зробити висновки.

Подальший розвиток компетенції із розв'язання професійних задач засобами ІКТ відбувається у процесі виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Теорія автоматичного управління». З метою формування

навичок проведення професійно спрямованих навчальних досліджень можна запропонувати студентам ознайомитись із новими результатами у предметній галузі за науковими публікаціями у фахових виданнях та розпочати курсову роботу з їх відтворення. Так, у роботі «Оптимізація слідкуючої системи автоматичного управління» [128] розглянуто приклад слідкуючої САУ робочого органу асфальтоукладача з гідроприводом.

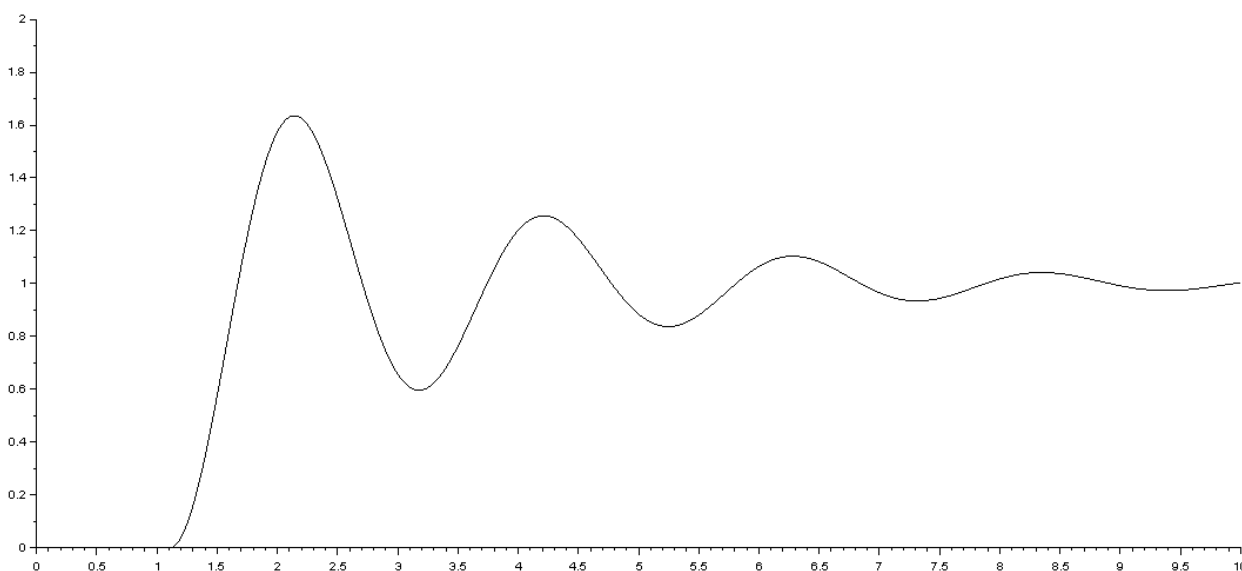


Рис. 2.41. Перехідна характеристика замкнутої системи з одиничним від'ємним зворотним зв'язком із запізнюванням  $\tau = 0,1$  с

При переміщенні укладальника по основі, яка готова для укладання на неї дорожнього покриття, його ходове обладнання (гусеничне або колісне) здійснює некеровані випадкові переміщення у вертикальному напрямку під впливом нерівностей мікрорельєфу основи дороги. Ці переміщення передаються через раму укладальника і підвіску вигладжувальної плити на робоче обладнання, викликаючи в свою чергу некеровані переміщення вигладжувальної плити, які тягнуть за собою виконання довільного збільшення товщини і кута поперечного ухилу шару, що укладається, тим самим погіршуючи показники якості покриття.

Імітаційна модель слідкуючої системи гідроприводу вигладжувальної плити асфальтоукладача може бути реалізована в MATLAB Online, як це пропонують автори [128]. До складу схеми імітаційної моделі (рис. 2.42)

входять наступні елементи: гідроциліндр двонаправленої дії; трьохпозиційний гідророзподільник; гідравлічний насос; керований гідрозамок; ідеальний гідравлічний датчик тиску; елемент «вигладжують плита асфальтоукладача»; сенсор, що дає інформацію про переміщення і швидкість штока гідроциліндра (датчик зворотного зв'язку Sensor); ідеальний сенсор сили; елемент «гідравлічна рідина» (масло Oil-30W); пропорційний сервоклапан гідроприводу (електрогідравлічний розподільник, що перетворює електричний сигнал на переміщення); елемент «в'язке тертя»; ідеальне джерело сили; збурюючий вплив «мікрорельєф»; PS-конвертор; ємність для робочої рідини; збурюючий вплив, обумовлений впливом роботи інших елементів.

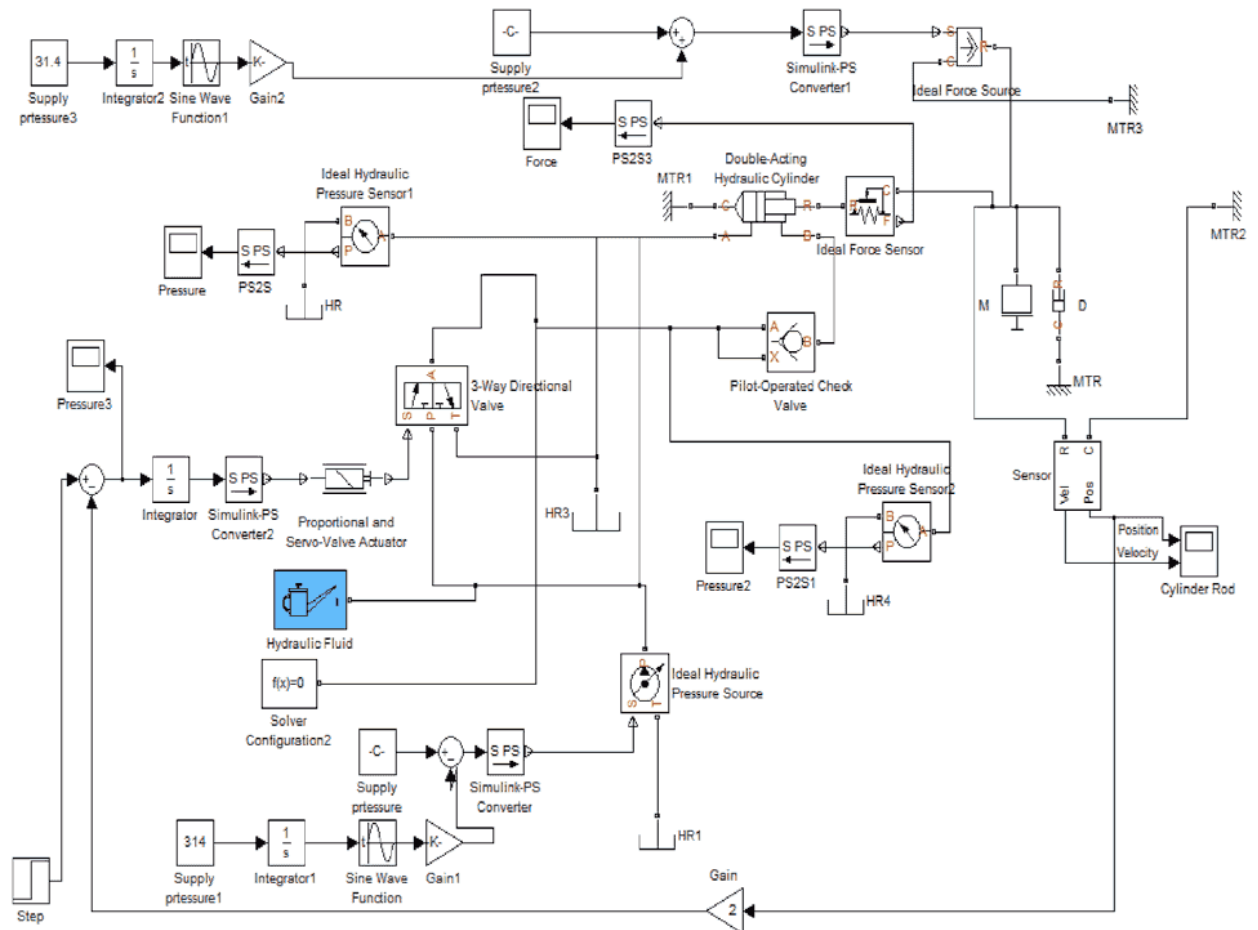


Рис. 2.42. Структурна модель слідуючої системи гідроприводу вигладжувальної плити асфальтоукладача

У навчальній дисципліні «Електричні машини» відбувається

формування як загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів (компетенції у фундаментальних науках, провідним засобом формування якої були мобільні засоби доповненої реальності), так й такої загальнопрофесійної її складової, як *компетенції в електричних машинах*, що включає знання будови та принципів функціонування електричних машин, зокрема: процесів перетворення енергії (електромагнітних та електромеханічних), особливості характеристик окремих видів електричних машин, будову асинхронних машин, синхронних машин, машин постійного струму, трансформаторів; уміння розраховувати параметри та характеристики електричних машин. Для формування останньої провідним засобом є мобільні системи комп'ютерної математики.

Остання загальнопрофесійна складова компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів – *компетенція із критичного мислення*, зміст якої складають знання та уміння постановки завдання з недостатньою кількістю вхідних даних, аналізу наявності способів і засобів виконання завдання, оцінювання власної готовності до розв'язування задачі, самостійного пошуку відсутніх даних та способів розв'язування задачі; уміння здійснювати контроль власної діяльності – як розумової, так і практичної; уміння контролювати логіку розгортання власних думок; уміння визначати послідовність та ієрархію етапів діяльності, тощо. Так само, як й для компетенції із застосування різних способів подання моделей, для компетенції із критичного мислення не можна виокремити провідні навчальні дисципліни – формування цих складових відбувається протягом усієї професійної підготовки бакалавра електромеханіки.

Ефективним засобом моделювання технічних об'єктів з прихованою або нечіткою структурою, опис якої традиційними засобами ускладнений, є нейромережеве моделювання. Як зазначають редактори другої книги серії «Нейрокомп'ютери та їх застосування», актуальність його застосування обумовлюється необхідністю розробки методів управління складними

нелінійними системами: «Перші приклади розробки методів управління нелінійними системами ... пов'язані переважно з методами розв'язання нелінійних диференційних рівнянь, адекватних однопроцесорним фон-Неймановським обчислювальним машинам. ... Розвиток обчислювальних машин з масовим паралелізмом ... привів до створення принципово нових алгоритмів і методів управління нелінійними динамічними системами. Вони пов'язані з нейромережевими алгоритмами розв'язання звичайних нелінійних диференційних рівнянь та, як наслідок, із включенням нейрокомп'ютера в контур управління нелінійною динамічною системою. ... Достатньо широкий розвиток та поширення подібних алгоритмів призвели ... до створення цілого розділу науки під назвою «нейроуправління» [171, с. 9-10].

В інженерному контексті інтелектуальне управління повинно володіти наступними властивостями: здатність до навчання та адаптивність; живучість; простий алгоритм управління та дружній до користувача людино-машинний інтерфейс; здатність до включення нових компонентів, що забезпечують найкращі рішення в умовах обмежень, що накладаються технічними засобами [171, с. 15].

Під глибинним машинним навчанням розуміється клас алгоритмів інтелектуального управління, які використовують багат шарові нейронні мережі з нелінійними вузлами. Розглянемо побудову нейромережевої моделі для апроксимації даних, описану в 23 главі [33], та отриманих з інтелектуального датчику – одного або декількох стандартних датчиків, які пов'язані з нейронною мережею для отримання каліброваного вимірювання одного із параметрів.

Інтелектуальний датчик положення використовує значення напруги, що надходять від двох фотоелементів, для оцінки розташування об'єкта. На рис. 2.43 кругом показано об'єкт, розташований між джерелом світла і двома фотоелементами. Об'єкт, рухаючись вздовж осі  $y$ , відкидає тінь на фотоелементи, що призводить до зміни напруг  $v_1$  та  $v_2$ .

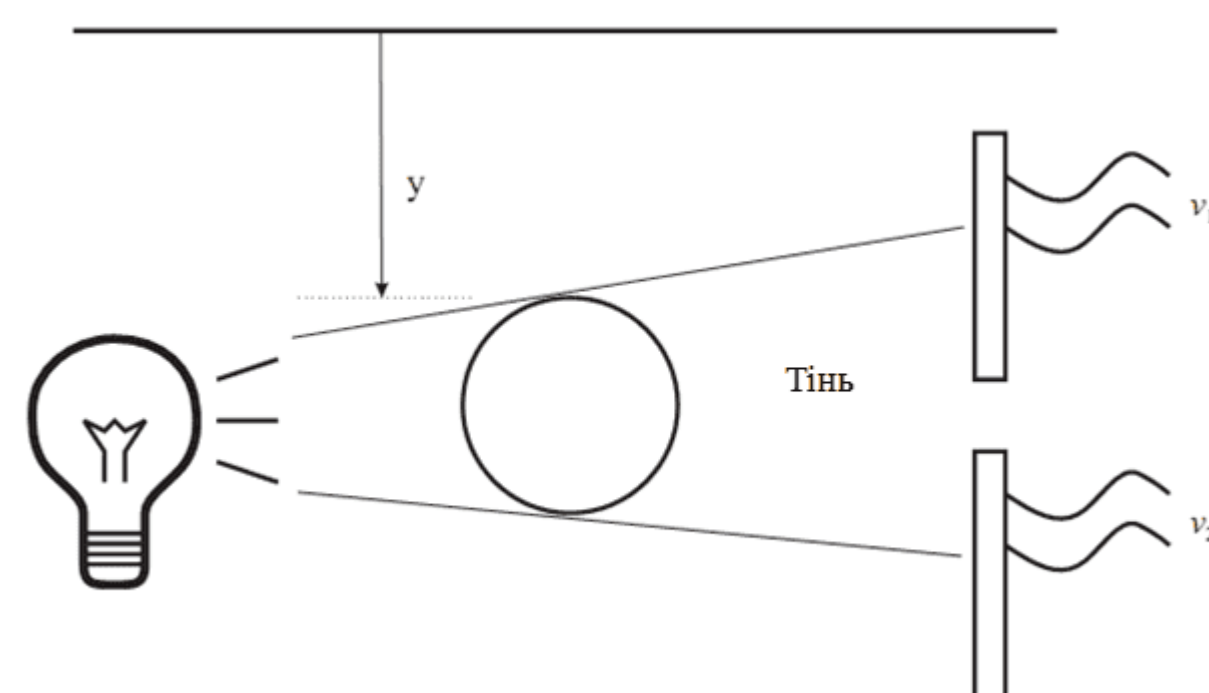


Рис. 2.43. Інтелектуальний датчик положення

При збільшенні позиції об'єкта  $y$  напруга  $v_1$  спочатку зменшується, потім зменшується напруга  $v_2$ , потім збільшується  $v_1$  і нарешті збільшується  $v_2$  (рис. 2.44).

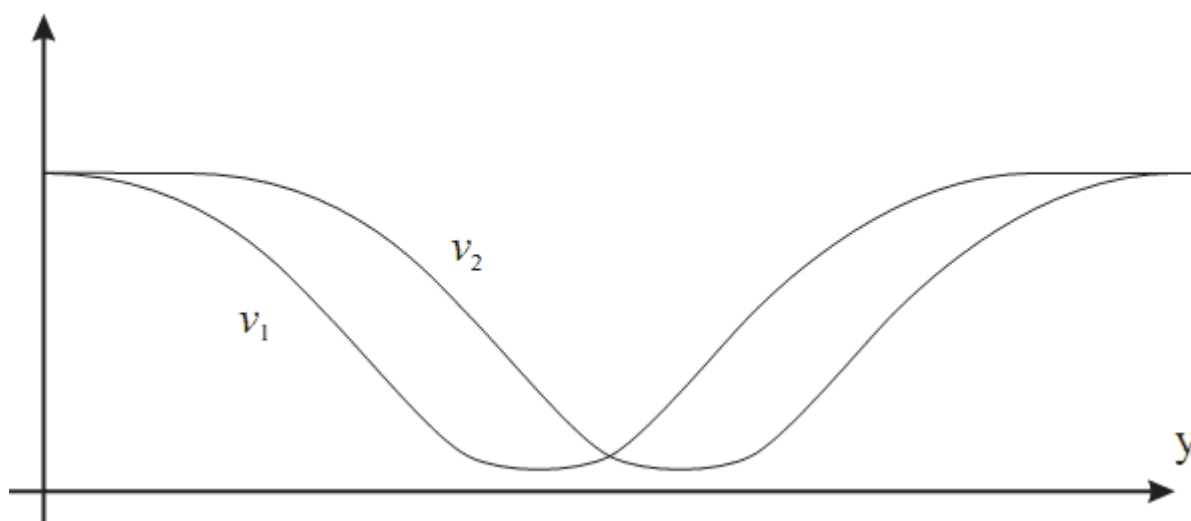


Рис. 2.44. Ідеальна модель залежності напруг  $v_1$ ,  $v_2$  від координати  $y$  об'єкту

Метою моделювання є визначити положення об'єкта за вимірюваннями двох напруг.

Для того, щоб зібрати дані для апроксимації, проводяться вимірювання двох напруг фотоелементів в ряді еталонних положень об'єкта. Автори [33]



використовували для цих експериментів м'яч для настільного тенісу. Усього є 67 наборів вимірювань, представлених у файлах ball\_p.txt та ball\_t.txt в архіві за посиланням <http://hagan.okstate.edu/CaseStudyData.zip>. Кожна точка на графіку 2.45 представляє вимір напруг в каліброваному положенні. Координати виміряні в дюймах, а напруга – у вольтах. Плоскі області в 0 вольт для кожної кривої виникають там, де тінь кулі повністю покриває датчик. Якщо тінь була досить великою, щоб покрити обидва датчики одночасно, ми не зможемо відновити координату за напругами.

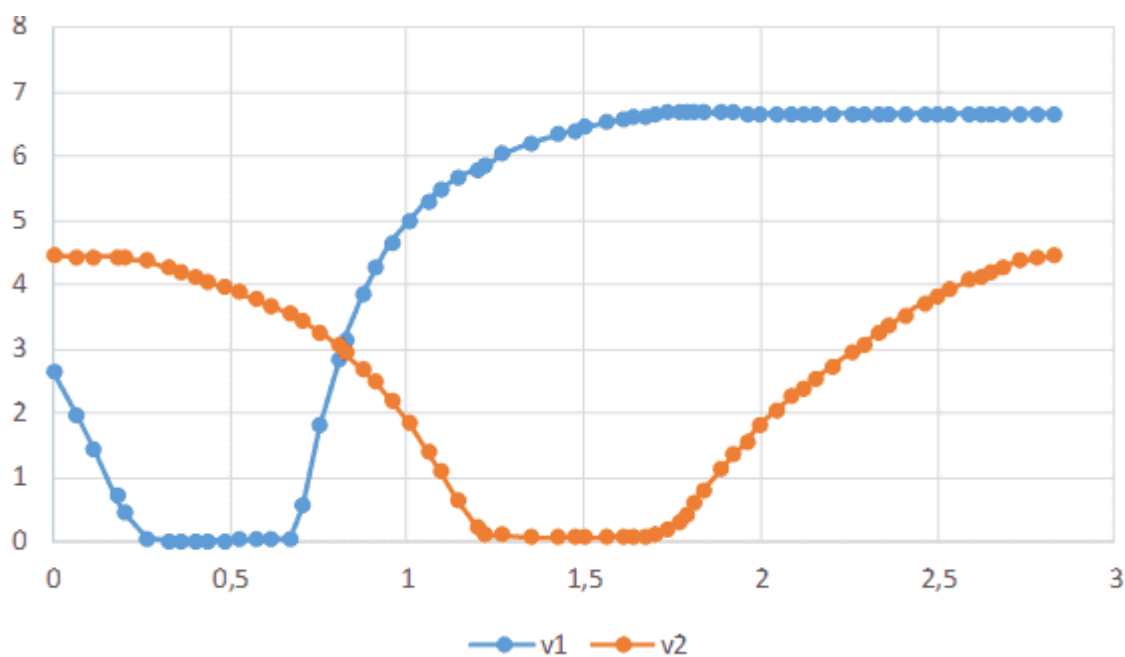


Рис. 2.45. Графік залежності напруг  $v_1$ ,  $v_2$  від координати  $u$  об'єкту

Для реалізації моделі глибинного навчання застосуємо хмаро зорієнтовані електронні таблиці Google Таблиці із доповненням Solver за розробленою О. М. Марковою методикою [146].

Для того, щоб визначити координату об'єкта, побудуємо чотиришарову нейронну мережу із архітектурою, поданою на рис. 2.46:

– вхідний шар – двовимірний арифметичний вектор  $(x_1, x_2)$ , компонентами якого є відповідні вимірювані напруги  $v_1, v_2$ , нормовані згідно з функцією активації мережі;

– перший прихований шар матиме розмірність 5 та описуватиметься вектором  $(h_1^{(1)}, h_2^{(1)}, h_3^{(1)}, h_4^{(1)}, h_5^{(1)})$ ;

– другий прихований шар матиме розмірність 3 та описуватиметься вектором  $(h_1^{(2)}, h_2^{(2)}, h_3^{(2)})$ ;

– вихідний шар – значення координати  $u_{\text{норм}}$ , нормована згідно з функцією активації мережі.

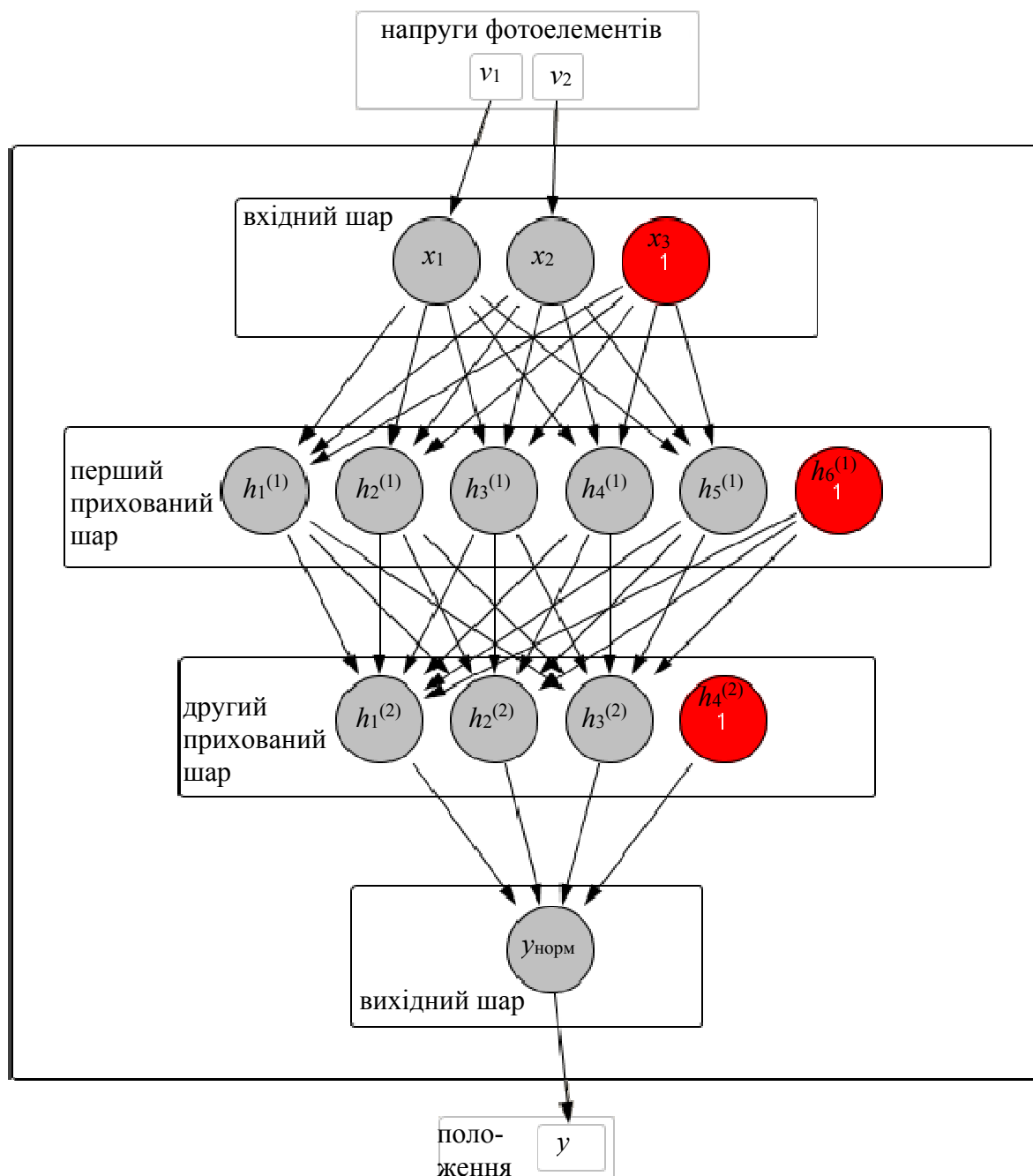
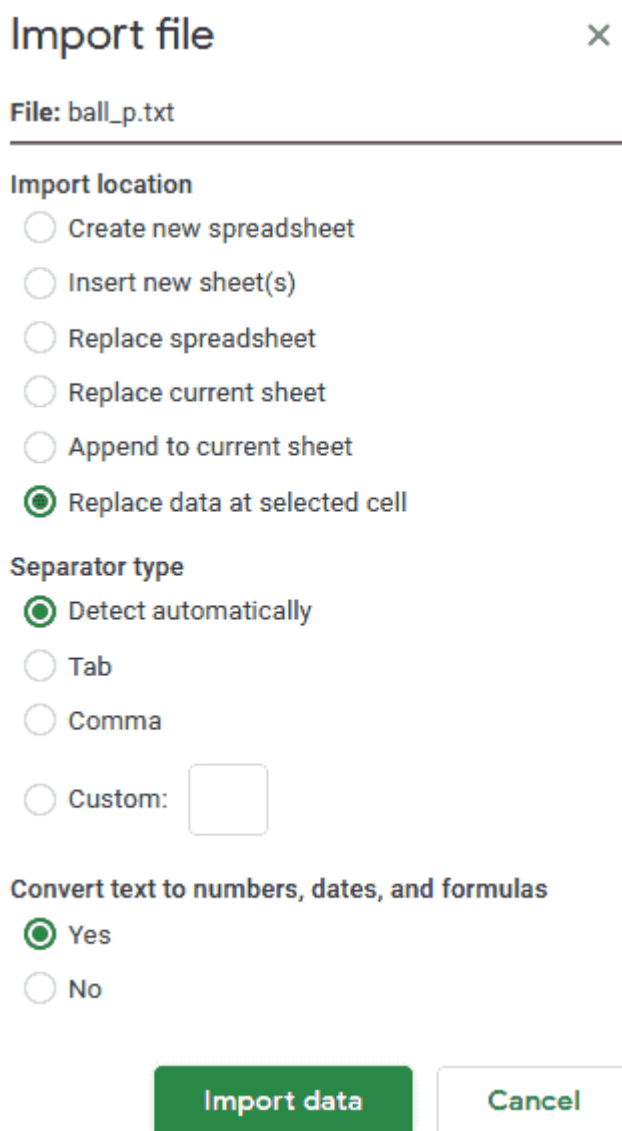


Рис. 2.46. Архітектура нейронної мережі для розв'язання задачі визначення положення об'єкту

До нейронів вхідного та прихованих шарів додаються нейрони зміщення (bias), значення яких завжди дорівнює одиниці (на рис. 2.46 їх

позначено червоним кольором). Особливістю нейронів зміщення є те, що вони не мають вхідних синапсів, а тому не можуть бути розташовані на вихідному шарі.

Спочатку внесемо дані вимірних напруг до електронних таблиць. Оскільки дані представлені у текстовому файлі, скористуємось функцією імпорту даних до таблиці (рис. 2.47).



**Import file** ×

File: ball\_p.txt

---

**Import location**

- Create new spreadsheet
- Insert new sheet(s)
- Replace spreadsheet
- Replace current sheet
- Append to current sheet
- Replace data at selected cell

**Separator type**

- Detect automatically
- Tab
- Comma
- Custom:

**Convert text to numbers, dates, and formulas**

- Yes
- No

**Import data** **Cancel**

Рис. 2.47. Імпорт даних до таблиці

У результаті імпорту в комірки таблиці занесені наступні значення:

V1:BP1      вихідні дані напруги  $v_1$

V2:BP2      вихідні дані напруги  $v_2$

V3:BP3      координати у об'єкту

Для зручності опрацювання транспонуємо отримані дані та розмітимо їх у комірках A10:A76 для  $v_1$ , C10:C76 для  $v_2$ , C10:C76 для  $y$ . Для цього внесемо у комірки таблиці наступні значення:

A8 *дані*

A9  $v_1$

B9  $v_2$

C9  $y$

A10 =TRANSPOSE(B1:BP3)

Виходячи з того, що будована нейронна мережа матиме полярну функцію активації, усі значення на вході мережі повинні бути нормовані (приведені до діапазону [0; 1]). На виході мережі необхідно виконати обернену операцію.

Нормування виконуватимемо для кожного стовпця окремо. Для цього знайдемо для них мінімальні та максимальні значення, увівши у комірки такі формули:

E5  $v_1$

F5  $v_2$

G5  $y$

D6 *max*

D7 *min*

E6 =max(A10:A76)

E7 =min(A10:A76)

Далі діапазон E6:E7 копіюється у F6:G7.

Сутність нормування легко зрозуміти із виразу:

$$\text{нормоване значення} = \frac{\text{вхідне значення} - \text{мінімальне значення}}{\text{максимальне значення} - \text{мінімальне значення}}$$

За такого підходу мінімальне значення нормується до 0, а максимальне – до 1. Нормовані значення напруг необхідно подати на вхідний шар нейронної мережі:

E8 *вхідний шар*

E9  $x_1$

F9  $x_2$

E10  $=(A10-E\$7)/(E\$6-E\$7)$

Комірку E10 поширюємо у діапазоні E10:G76.

Відповідно до обраної архітектури нейронної мережі, додамо до 2 нейронів вхідного шару нейрон зміщення. Для цього у комірку G9 внесемо його назву ( $x_3$ ), а у діапазон G10:G76 – його значення (1). На цьому кроці вхідний шар сформовано у вигляді сигнального вектору ( $x_1, x_2, x_3$ ).

Наступний крок – передавання сигналу із вхідного шару нейронної мережі на перший прихований. Для визначення сили сигналу необхідно мати вагові коефіцієнти нейронної мережі. Позначимо через:

–  $w_{ij}^{xh(1)}$  ваговий коефіцієнт синапсу, що пов'язує нейрон  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) вхідного шару із нейроном  $h_j^{(1)}$  ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ) першого прихованого шару;

–  $w_{kp}^{h(1)h(2)}$  ваговий коефіцієнт синапсу, що пов'язує нейрон  $h_k^{(1)}$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ ) першого прихованого шару із нейроном  $h_p^{(2)}$  ( $p = 1, 2, 3$ ) другого прихованого шару;

–  $w_{dq}^{h(2)y}$  ваговий коефіцієнт синапсу, що пов'язує нейрон  $h_d^{(2)}$  ( $d = 1, 2, \dots, 4$ ) другого прихованого шару із нейроном  $u_{\text{норм}q}$  ( $q = 1$ ) вихідного шару.

Тоді сила сигналу, що приходить до нейрону  $h_j^{(1)}$  першого прихованого шару, визначатиметься як скалярний добуток значень сигналу на вхідному шарі та відповідних вагових коефіцієнтів. Для визначення сигналу, який піде далі на другий прихований шар, застосуємо логістичну функцію активації  $f(S) = 1/(1+e^{-S})$ , де  $S$  – відповідний скалярний добуток. Формули для визначення сигналів на першому та другому прихованому і вихідному шарах матимуть вигляд:

$$h_j^{(1)} = f\left(\sum_{i=1}^{2+1} x_i w_{ij}^{xh(1)}\right), h_p^{(2)} = f\left(\sum_{k=1}^{5+1} h_k^{(1)} w_{kp}^{h(1)h(2)}\right), u_{\text{норм}q} = f\left(\sum_{d=1}^{3+1} x_d w_{dq}^{h(2)y}\right).$$

Відповідно необхідно створити три матриці:

– матриця  $w^{xh(1)}$  розмірністю  $3 \times 5$  містить вагові коефіцієнти зв'язків 3 нейронів вхідного шару (перші два містять нормовані значення напруг, а

третьої є нейроном зміщення) з нейронами першого прихованого шару;

– матриця  $w^{h(1)h(2)}$  розмірністю  $6 \times 3$  містить вагові коефіцієнти зв'язків 6 нейронів першого прихованого шару (з них п'ять обчислюються, а шостий є нейроном зміщення) з нейронами другого прихованого шару;

– матриця  $w^{h(2)y}$  розмірністю  $4 \times 1$  містить вагові коефіцієнти зв'язків 4 нейронів другого прихованого шару (з них три обчислюються, а четвертий є нейроном зміщення) з нейронами вихідного шару.

Для «ненавченої» нейронної мережі початкові значення вагових коефіцієнтів можна встановити або у випадковий спосіб, або залишити невизначеними, або рівними нулеві. Для реалізації останнього способу заповнимо комірки такими значеннями:

I8  $w^{xh(1)}$

I9 *вхідний шар*

J8 *перший прихований шар*

J9 1

K9 =J9+1

I10 1

I11 =I10+1

J10 0

I14  $w^{h(1)h(2)}$

I15 *перший прихований шар*

J14 *другий прихований шар*

J15 1

K15 =J15+1

I16 1

I17 =I16+1

J16 0

I23  $w^{h(2)y}$

I24 *другий прихований шар*

J23 *вихідний шар*

J10 1  
 I25 1  
 I26 =I25+1  
 J25 0

Для створення матриць необхідно виконати копіювання комірки K9 у діапазон L9:N9, I11 – у I12, J10 – у J10:N12, K15 – у L15, I17 – у I18:I21, J16 – у J16:L21, I26 – у I27:I28, J25 – у J26:J28 (рис. 2.48).

fx   =(A10-E\$7)/(E\$6-E\$7)										
	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
8	вхідний шар				<b>wxh(1)</b>	перший прихований шар				
9	<b>x1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>		вхідний шар	1	2	3	4	5
10	0.3986	0.9982	1		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.2963	0.9959	1		2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.2155	0.9957	1		3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.1065	0.9938	1							
14	0.0686	0.9904	1		<b>wh(1)h(2)</b>	другий прихований шар				
15	0.0079	0.9811	1		перший прихований шар	1	2	3		
16	0.0004	0.9578	1		1	0.0000	0.0000	0.0000		
17	0.0001	0.9430	1		2	0.0000	0.0000	0.0000		
18	0.0000	0.9231	1		3	0.0000	0.0000	0.0000		
19	0.0013	0.9092	1		4	0.0000	0.0000	0.0000		
20	0.0018	0.8871	1		5	0.0000	0.0000	0.0000		
21	0.0036	0.8679	1		6	0.0000	0.0000	0.0000		
22	0.0036	0.8442	1							
23	0.0040	0.8241	1		<b>wh(2)y</b>	вихідний шар				
24	0.0082	0.7903	1		другий прихований шар	1				
25	0.0826	0.7664	1		1	0.0000				
26	0.2688	0.7271	1		2	0.0000				
27	0.4236	0.6788	1		3	0.0000				
28	0.4703	0.6537	1		4	0.0000				

Рис. 2.48. Фрагмент електронної таблиці після нормування вхідних даних та створення матриць вагових коефіцієнтів

Для обчислення скалярного добутку вектор-рядка значень вхідного шару на вектор-стовпець матриці вагових коефіцієнтів  $w^{xh(1)}$  доцільно скористатись функцією множення матриць:

P8 перший прихований шар

P9  $h_1^{(1)}$

$$Q9 \quad h_2^{(1)}$$

$$R9 \quad h_3^{(1)}$$

$$S9 \quad h_4^{(1)}$$

$$T9 \quad h_5^{(1)}$$

$$U9 \quad h_6^{(1)}$$

$$P10 = 1/(1+\exp(-\text{mmult}(\$E10:\$G10,\text{J\$10:J\$12})))$$

$$U10 \quad 1$$

Далі копіюємо комірку P10 у діапазон P10:T76, а U10 – у U11:U76.

Ураховуючи, що всі елементи матриці вагових коефіцієнтів  $w^{xh(1)}$  спочатку дорівнюють нулю, після копіювання формул всі обчислювані елементи прихованого шару дорівнюватимуть 0,5.

Аналогічно виконаємо обчислення елементів другого прихованого та вихідного шарів:

W8 *другий прихований шар*

$$W9 \quad h_1^{(2)}$$

$$X9 \quad h_2^{(2)}$$

$$Y9 \quad h_3^{(2)}$$

$$Z9 \quad h_4^{(2)}$$

$$W10 = 1/(1+\exp(-\text{mmult}(\$P10:\$U10,\text{J\$16:J\$21})))$$

$$Z10 \quad 1$$

AB8 *вихідний шар*

$$AB9 \quad u_{\text{норм}}$$

$$AB10 = 1/(1+\exp(-\text{mmult}(\$W10:\$Z10,\text{J\$25:J\$28})))$$

Далі копіюємо комірку W10 у діапазон W10:Y76, Z10 – у Z11:Z76, AB10 – у AB11:AB76 (рис. 2.49).

Для отримання результату  $u_{\text{обч}}$  із нормованого значення вихідного шару необхідно обчислити його за формулою, оберненою до початкової:

вихідне значення = мінімальне значення +

нормоване значення \* (максимальне значення – мінімальне значення)



fx	=1/(1+exp(-mmult(\$W10:\$Z10,J\$25:J\$28)))												
	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
8	перший прихований шар						другий прихований шар						вихідний шар
9	h(1)1	h(1)2	h(1)3	h(1)4	h(1)5	h(1)6		h(2)1	h(2)2	h(2)3	h(2)4		унорм
10	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1		0.500	0.500	0.500	1		0.500
11	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1		0.500	0.500	0.500	1		0.500
12	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1		0.500	0.500	0.500	1		0.500

Рис. 2.49. Фрагмент електронної таблиці після обчислення початкових значень вагових коефіцієнтів прихованих та вихідного шарі

Для цього вводимо такі значення у комірки таблиці:

AD8 результат

AD9  $y_{обч}$

AD10= $SG$7+AB10*(SG$6-SG$7)$

Далі копіюємо комірку AD10 у діапазон AD11:AD76.

Навчання нейронної мережі відбувається шляхом варіювання вагових коефіцієнтів у такий спосіб, щоб із кожним кроком навчання різниця між обчисленими значеннями  $y_{обч}$  та бажаними (еталонними) значеннями у зменшувалась. Для визначення різниці між обчисленим та еталонним вихідними векторами обчислимо квадрати відхилень та їх суму:

AF8 квадрат відхилення

АН8 сума

AF9  $(y-y_{обч})^2$

АН9 S

AF10= $(C10-AD10)^2$

АН10= $sum(AF10:AF76)$

Далі копіюємо комірку AF10 у діапазон AF11:AF76. Комірка АН10 міститиме суму квадратів відхилень.

За такої постановки навчання нейронної мережі може розглядатися як задача оптимізації, у якій цільова функція – сума квадратів відхилень у комірці АН10 – підлягатиме мінімізації шляхом варіювання вагових коефіцієнтів матриць  $w^{x^{h(1)}}$  (діапазон J10:N12),  $w^{h(1)h(2)}$  (діапазон J16:L21) та  $w^{h(2)y}$  (діапазон J25:J28). Для розв'язання цієї задачі стандартних засобів

Google Таблиць недостатньо, тому необхідним є встановлення доповнення Solver вибором пункту меню Add-ons → Get add-ons... (рис. 2.50).

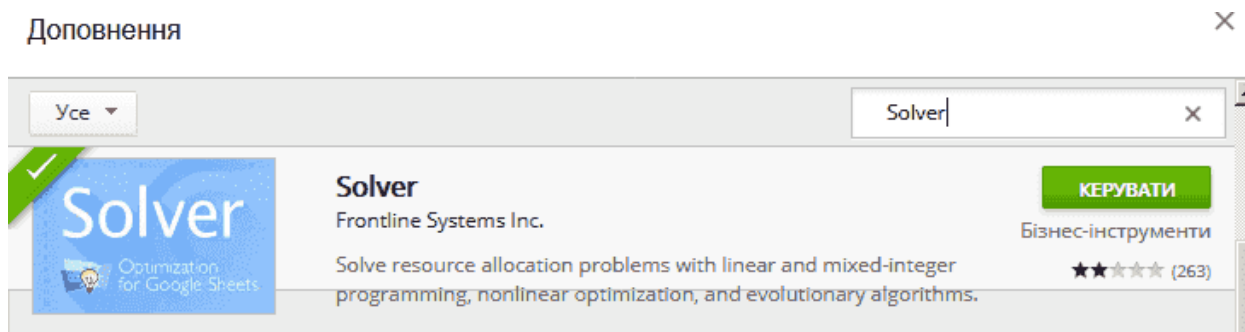


Рис. 2.50. Встановлення доповнення Solver у електронних таблицях Google Таблиці

На рис. 2.51 показані налаштування доповнення Solver для розв'язання поставленої задачі: цільова функція (Set Objective) мінімізується (To: Min) шляхом зміни значень (By Changing) матриць вагових коефіцієнтів у діапазоні (Subject To) від  $-20$  до  $+20$  одним із методів оптимізації (Solving Method).

`=sum(AF10:AF76)`

AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
	вихідний шар		результат		квадрат відхилення		сума
	унорм		убоч		$(y-убоч)^2$		S
	0.007		0.019		0.00037643990		0.00327506340
	0.020		0.056		0.0006994040		
	0.037		0.105		0.0003315916		
	0.064		0.182		0.0002505875		
	0.075		0.213		0.0015978188		
	0.094		0.265		0.0000381439		
	0.111		0.314		0.0009064745		
	0.123		0.349		0.0008432766		
	0.141		0.399		0.0000687657		
	0.154		0.435		0.0000134713		
	0.173		0.489		0.0008756294		
	0.187		0.528		0.0004304694		
	0.201		0.568		0.0001883179		
	0.213		0.601		0.0010270079		
	0.238		0.672		0.0001301538		
	0.251		0.709		0.0004099819		
	0.264		0.747		0.0002442922		
	0.283		0.799		0.00005231695		
	0.295		0.832		0.00005401502		
	0.311		0.879		0.00001101589		

Set Objective: AH10

To:  Max  Min  Value Of:

By Changing: J10:N12,J16:L21,J25:J28

Subject To: J10:N12 <= 20  
J10:N12 >= -20  
J16:L21 <= 20  
J16:L21 >= -20  
J25:J28 <= 20  
J25:J28 >= -20

Add Change Delete

Solving Method: Standard Evolutionary

Reset All Insert Example

Solve Options

Рис. 2.51. Результат оптимізації за обраних параметрів Solver

Для зменшення суми квадратів відхилень Solver може викликатися багаторазово: доцільно поекспериментувати із комбінованим використанням

різних методів оптимізації, змінюючи межі варіювання вагових коефіцієнтів. При цьому необов'язково намагатись довести значення суми відстаней до нуля – це може бути й більше (достатньо невелике) значення.

Для унаочнення результатів моделювання доцільно побудувати графік співвідношення експериментально отриманих (вимірних) значень  $y$  та обчислених (апроксимованих)  $y_{обч}$  (рис. 2.52). Якість апроксимації визначається ступенем відхилення точок графіку від променя, що ділить перший квадрант навпіл. За рисунком та за отриманою після оптимізації сумою квадратів відхилень можна зробити висновок про достатньо високу адекватність побудованої нейромережевої моделі.

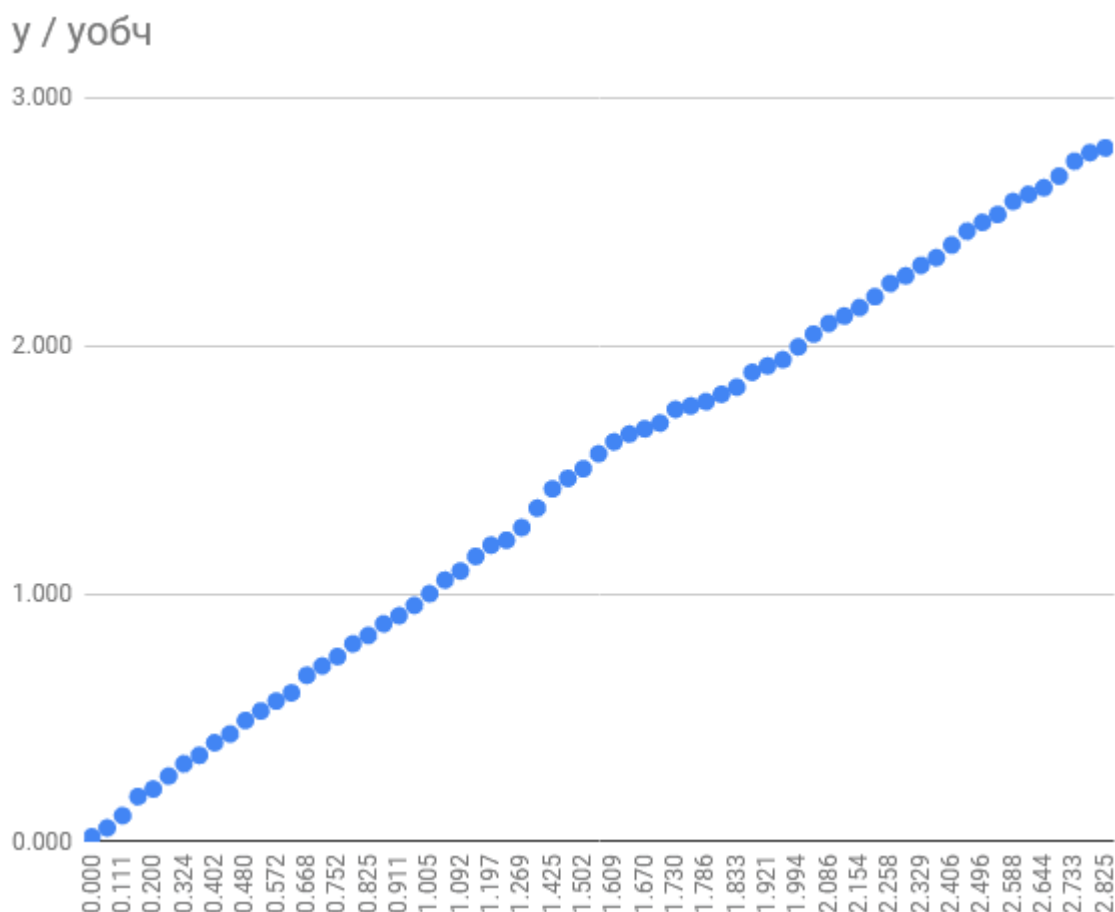


Рис. 2.52. Графік співвідношення вимірних значень  $y$  та апроксимованих  $y_{обч}$

Таким чином, у процесі формування загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати наступне програмне забезпечення мобільних інтернет-пристроїв:

- хмаро орієнтовані табличні процесори як засоби моделювання (включно із нейромережевим);
- системи візуального моделювання як засоби структурного моделювання технічних об'єктів;
- мобільні комп'ютерні математичні системи, що використовується на всіх етапах моделювання;
- мобільні комунікаційні засоби для організації спільної діяльності з моделювання.

#### **2.4 Методика використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Формування такої спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенції з аналізу процесів в енергетичному обладнанні*, передбачає набуття знань про будову та функціонування електроенергетичного обладнання (трансформаторів, генераторів, двигунів), умінь застосування методів системного аналізу для прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання.

Провідною навчальною дисципліною, у якій розпочинається системне формування цієї складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, є «Теоретичні основи електротехніки». Вивчення цієї дисципліни передбачає систематизацію знань з теоретичної електротехніки, електромагнітних явищ в електричних і магнітних колах, принципів та методів розрахунку схем різних кіл та форм струмів, одержання навичок у дослідженні електромагнітних явищ в електротехнічному устаткуванні та приладах. У результаті вивчення дисципліни студент повинен також вміти застосовувати математичний апарат розв'язання лінійних, нелінійних алгебраїчних та диференціальних рівнянь, що описують основні процеси і співвідношення в електричних і магнітних колах,

використовувати мобільні інтернет-пристрої для електротехнічних розрахунків та побудови графіків і векторних діаграм, аналізувати електричні схеми з метою вибору ефективних методів розрахунку.

Так, при виконанні лабораторної роботи 2 «Дослідження електричних кіл за допомогою методу рівнянь Кірхгофа із застосуванням пакетів прикладних програм» доцільним є використання мобільного програмного засобу ZRLC(Circuit solver) [92].

На рис. 2.53 показано конструктор схем, побудовану схему (ліворуч) та результат розрахунку й баланс потужностей і векторні діаграми струмів та напруги (праворуч).

За побудованою схемою ZRLC(Circuit solver) будує рівняння Кірхгофа та чисельно їх розв'язує методом Гаусса. На екранах, проміжних між показаними на рис. 2.53, подається хід розрахунку.

Метою використання даного засобу є допомога студенту в перевірці схем, розрахованих власноруч або з використанням математичних пакетів.

Для формування умінь застосування методів системного аналізу з метою прогнозування режимів роботи електроенергетичного обладнання пропонуємо лабораторну роботу 2 «Моделювання електронних схем на базі тиристорів у Xcos» із [112].

*Метою роботи* є набуття вмінь розробляти схеми заміщення напівпровідникового силового приладу (тиристора) та застосовувати їх для аналізу процесів в енергетичному обладнанні.

Для досягнення поставленої мети пропонується розробити комп'ютерну модель тиристора на основі керованого ідеального ключа та дослідити роботу моделі на прикладі електричної схеми послідовно з'єднаних джерела синусоїдальної напруги, тиристора та активного навантаження.

Модель складається з послідовно включених: резистора, індуктивності (проте в багатьох випадках індуктивність приймається за нуль, тобто елемент відсутній), джерела постійної напруги та ключа (рис. 2.54).

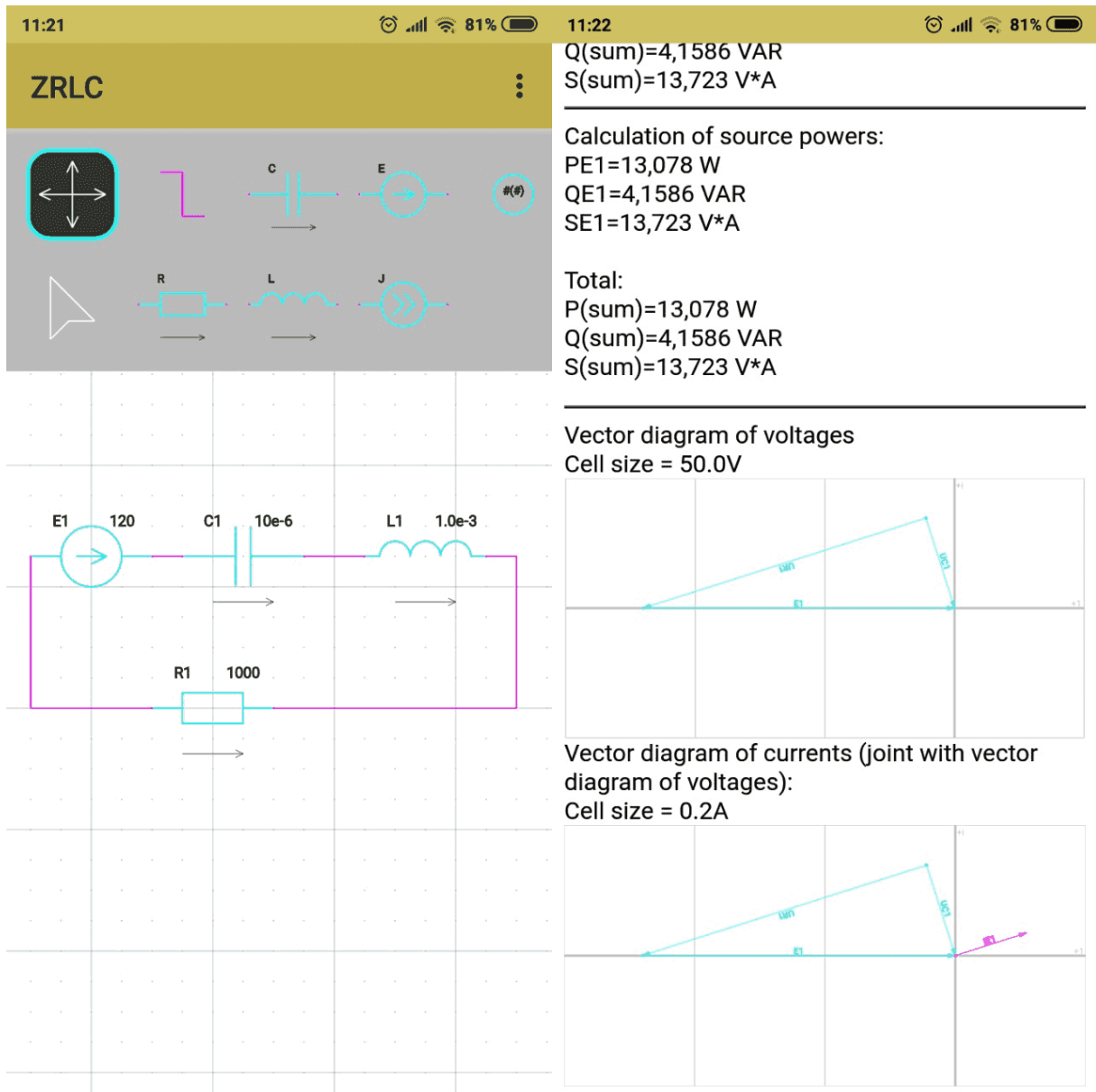


Рис. 2.53. Розрахунок схеми у ZRLC(Circuit solver)

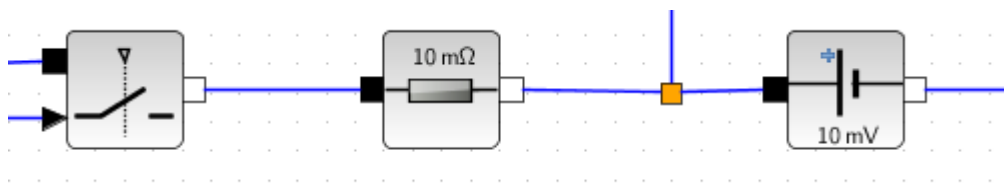


Рис. 2.54. Схема заміщення тиристора

За наявності позитивної напруги на тиристорі та позитивного сигналу на керуючому електроді відбувається замикання ключа і через прилад починає протікати струм. Розмикання ключа (вимикання тиристора) виконується при зниженні струму, що протікає через тиристор, до нуля.

Модель утворена такими стандартними електричними блоками Xcos (рис. 2.55), як «керований ключ» (якщо на керуючому вході нуль, то він знаходиться в закритому стані, інакше – у відкритому), «резистор» та «джерело постійної напруги».

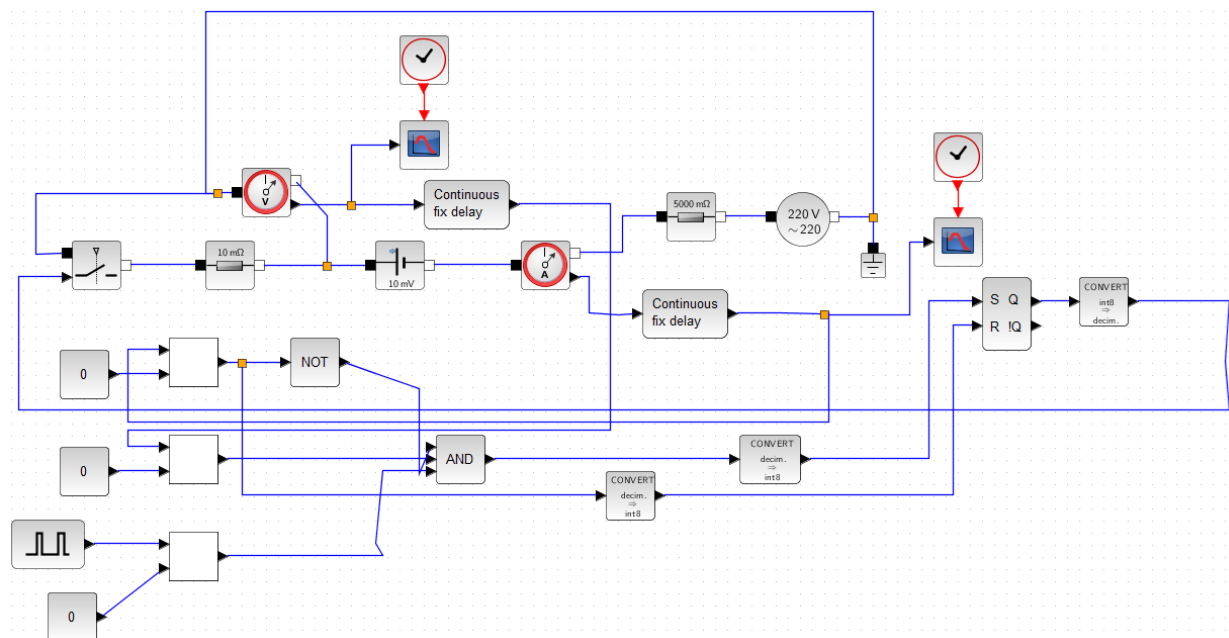


Рис. 2.55. Імітаційна модель роботи тиристора на активному навантаженні

Напруга знімається блоком «вольтметр», струм – блоком «амперметр».

Логіка перемикання ключа наступна: якщо виміряна напруга та керуючий сигнал тиристора позитивні, то на керуючий вхід ключа подається одиниця, якщо струм дорівнює нулю або менше нуля, на ключ подається нуль. Для порівняння величин використовуються блоки порівняння. У моделі на один вхід подається константне значення 0, на інший – виміряна величина або керуючий сигнал.

Реалізувати логіку роботи тиристора можна з використанням елементів пам'яті. У Xcos елементи пам'яті представлені блоками тригерів. Робота тригерів різних типів відповідає електричним тригерам. У прикладі використаний RS-тригер: на вхід S подається умова включення тиристора та ключа, на R – умова виключення. Кілька умов об'єднуються логічною кон'юнкцією (операція «AND»), що реалізується відповідним блоком. Одночасно не можна подавати одиницю на R і S, для чого додатковою

умовою в логічному блоці «AND» для одного з входів є інверсне значення іншого.

На порти тригера необхідно подавати дані типу `int8` (тобто тільки цілі однобайтові числа), у той час як більшість даних, якими оперує модель, типу `double`. Для перетворення використовуються блоки «Convert».

При роботі ключових елементів, коли стан ключа визначає логіку його включення або виключення (тобто, з одного боку, струм тиристора визначає, включений він чи ні, а з іншого – сам стан тиристора визначає струм у гілці), можливі ситуації, які називаються алгебраїчної петлею. Найпростішим способом вирішення проблеми є додавання елементів невеликої затримки сигналу `Delay`.

Результати моделювання подані на рис. 2.56, 2.57. Із рисунків видно, що за побудованої схеми струм випрямляється лише в одному з напівперіодів. Це означає, він має переривчасту структуру, яка може призвести до неправильної роботи обладнання: так, двигун, який запитаний через таку схему, на малих обертах буде піддаватися вібрації. Тому для зниження переривчатості необхідним є перехід від побудованої схеми випрямлення струму до іншої шляхом уведення до складу моделі ще одного тиристора, який би випрямляв від'ємну напівхвилю напруги.

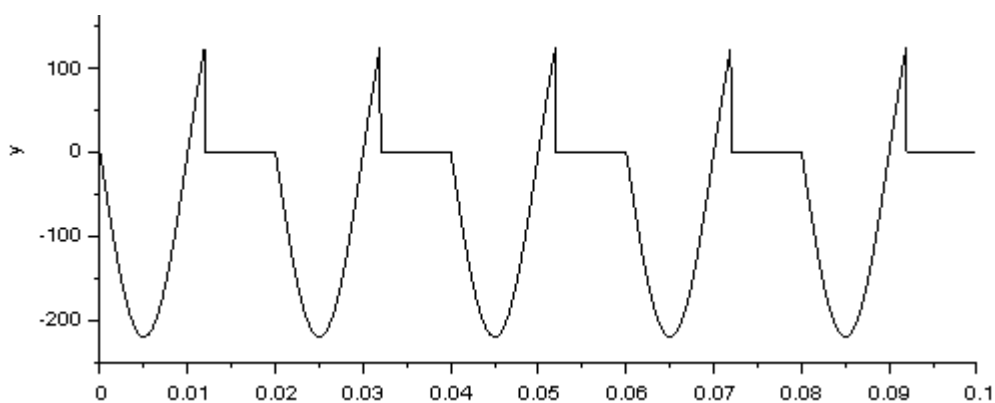


Рис. 2.56. Напруга на тиристорі

Після вдосконалення моделі доцільно оцінити енергетичні втрати та зробити про її адекватність.

Формування такої спеціалізовано-професійної складової



компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, як *компетенції у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем*, відбувається насамперед у навчання дисципліни «Теорія автоматичного управління» та передбачає набуття знань, умінь й навичок в галузі теорії й практики функціонування електричних станцій, мереж, систем автоматичного керування для управління режимами електроенергетичних об'єктів і систем, зокрема знання принципів організації та архітектуру автоматичних і автоматизованих систем контролю і управління для об'єктів і процесів галузі, основних принципів та концепцій побудови систем автоматичного регулювання та керування, математичного апарату теорії автоматичного керування, методів аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та керування, володіння методами раціонального вибору засобів управління, здійснення параметричної оптимізації регулюючих і керуючих пристроїв, синтез законів і алгоритмів оптимального управління об'єктами.

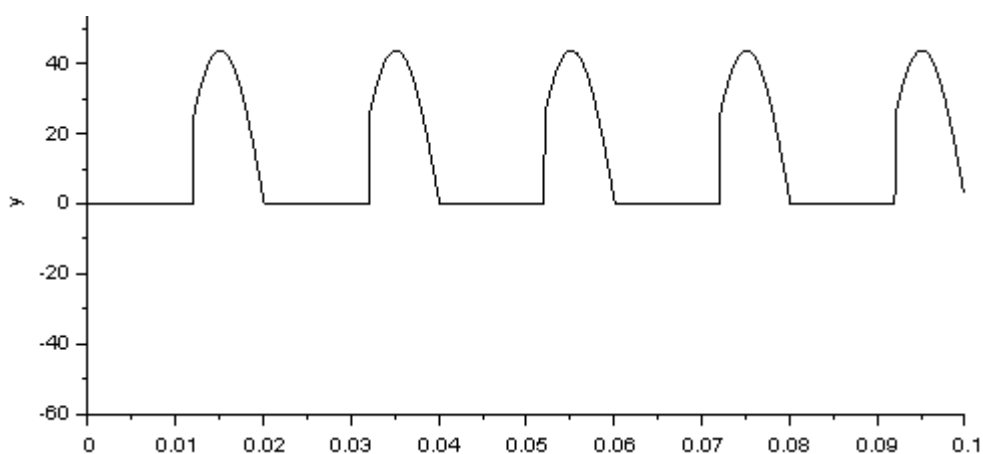


Рис. 2.57. Струм через ланку з тиристором

Для формування цієї компетентності на високому рівні окрему увагу слід приділити її праксеологічній складовій, тому що прийняття рішення про вибір режиму роботи електроенергетичного об'єкту чи системи вимагає урахування великої кількості факторів особою, що приймає рішення – енергодиспетчером, до сфери діяльності якого входить контроль якості електроенергії, забезпечення стійкої роботи енергосистем в складі єдиної

енергетичної системи, виконання оперативних перемикачів, ліквідація аварійних ситуацій, управління генерацією активної та реактивної потужності станцій та ін.

Ф. Промель (François Promel) та І. Судрі (Iché Soudry) вказують, що важливим елементом навчання диспетчерів є практичні заняття на тренажері – програми, основне призначення яких полягає у поданні всіх етапів процесу управління технічним об'єктом та відпрацюванні типових задач діяльності [187, с. 62]. Тренажер також є ідеальною платформою для оперативного тестування спеціалізованих засобів управління, наприклад, схем диспетчерського управління з обмеженнями по надійності або централізованого регулювання напруги [187, с. 65]. Самостійна робота студентів із тренажером є засобом удосконалення практичних навичок, перевірки досягнутих результатів, повторення та закріплення навчального матеріалу.

До структури програмного тренажера, спрямованого на формування компетентності у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем, повинні входити дві основні частини:

- 1) диспетчерський пульт, через дії з яким відбувається управління (реалізується через елементи графічного інтерфейсу користувача);
- 2) підсистема імітаційного моделювання, що замінює реальний технічний об'єкт його моделлю.

Відповідно для створення тренажера необхідні засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних (Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA). Сучасні SCADA-системи надають можливість побудови диспетчерського інтерфейсу у веб-середовищі з мобільним доступом. У якості підсистеми імітаційного моделювання може бути застосована як сама SCADA-система (у простих випадках), так й система комп'ютерної математики (для складних моделей). З'єднання вказаних частин виконується із використанням одного із стандартів обміну даними з

реальним обладнанням (таким, як OPC DA). Відповідно взаємодію між програмним забезпеченням диспетчерського пульта та підсистемою імітаційного моделювання забезпечує сервер OPC DA.

Для розробки тренажера скористуємося SCADA-системою Simple-Scada, безкоштовну версію якої можна завантажити за посиланням [75]. Серед переваг системи можна виділити наявність web-клієнту та підтримку скриптів.

Для навчальних цілей розробник системи пропонує два варіанти демонстраційної версії – перша є повнофункціональною, але обмеженою у часі неперервної роботи (1 година), друга не має обмеження за часом, але обмежена за кількістю входів/виходів (64 тега).

Після встановлення версії DEMO-64 для початку роботи запускаємо редактор системи та обираємо «Новий проект» (рис. 2.58). Робоча зона проекту показана на рис. 2.59.

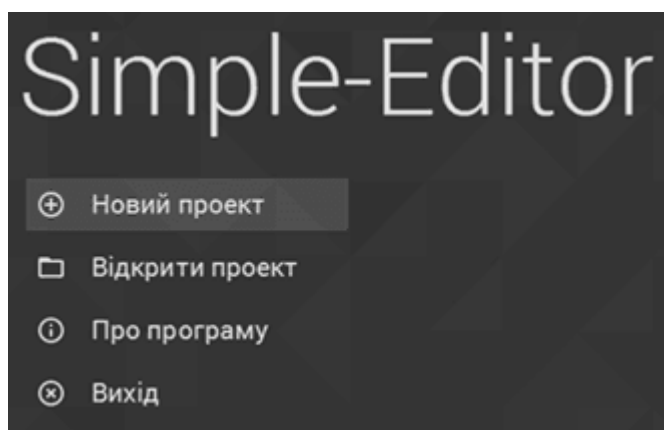


Рис. 2.58. Початок роботи у Simple-Scada

На рис. 2.59 ліворуч розташована панель властивостей та подій, пов'язаних із сторінкою, правіше – панель приладів та інструментів і сторінка робочої зони, що позначена ім'ям «Сторінка 1» та розташована праворуч. Саме на ній й будуть розташовані елементи тренажера, сутність якого полягає в навчанні диспетчеризації споживання 10 користувачів, що можуть бути оперативно підключені до однієї з двох ліній живлення.

Для кожного із споживачів задається власний закон споживання, що

має випадкову складову. Задачею диспетчера є добір такої послідовності підключень, за якої обидві лінії живлення не будуть перенавантажені. Допускається короточасне перевищення граничного навантаження за однією із ліній. Можливою модифікацією тренажера є імітація аварійної ситуації, за якої при перенавантаженні споживачі примусово відключаються (автоматично або на розсуд диспетчера).

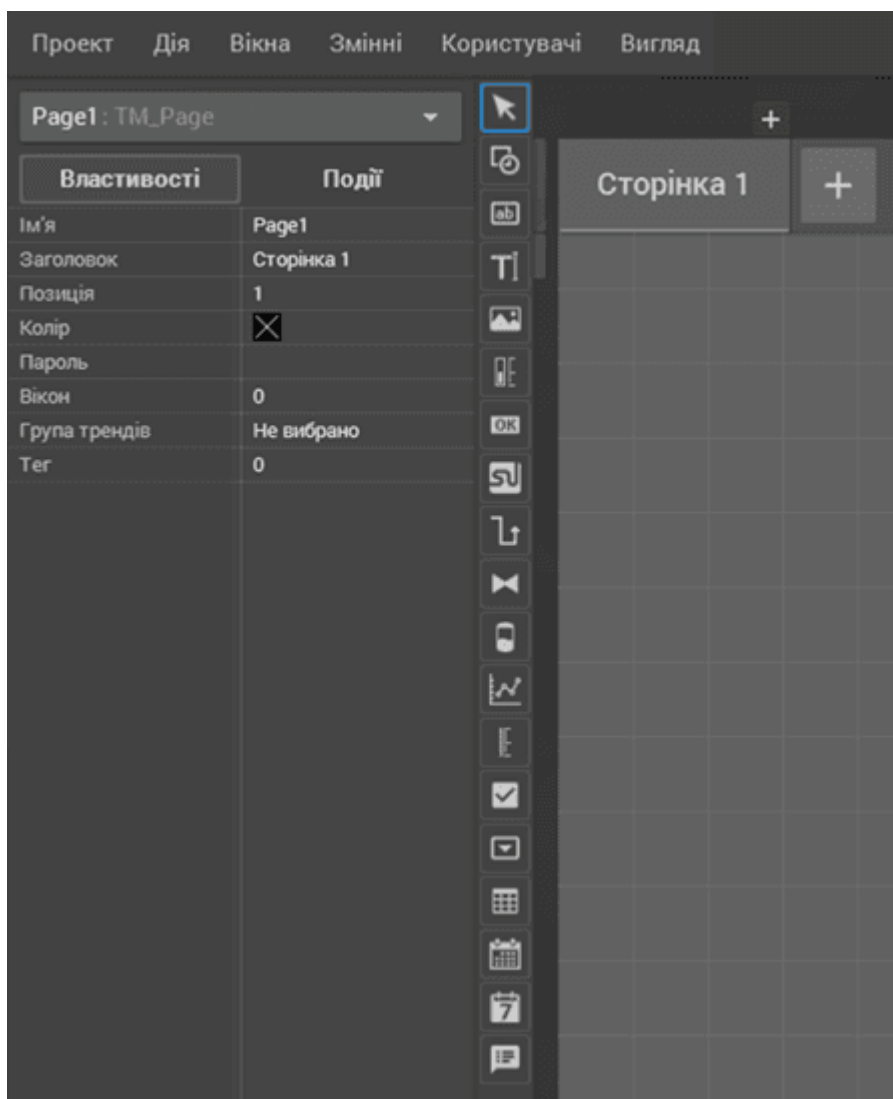



Рис. 2.59. Робоча зона проекту

Для початку створення тренажера розташуємо у робочій зоні трансформатори кожного із споживачів електричної енергії. Виконаємо графічне зображення трансформатора за допомоги елементу «Фігура» (  Фігура ). Для цього оберемо форму фігури «Еліпс», та побудуємо

коло у робочій зоні сторінки, задаємо прозорість 0, товщину межі 3 та довільний колір. У такий же спосіб створюємо друге коло та поєднуємо їх у графічне позначення трансформатору (рис. 2.60).

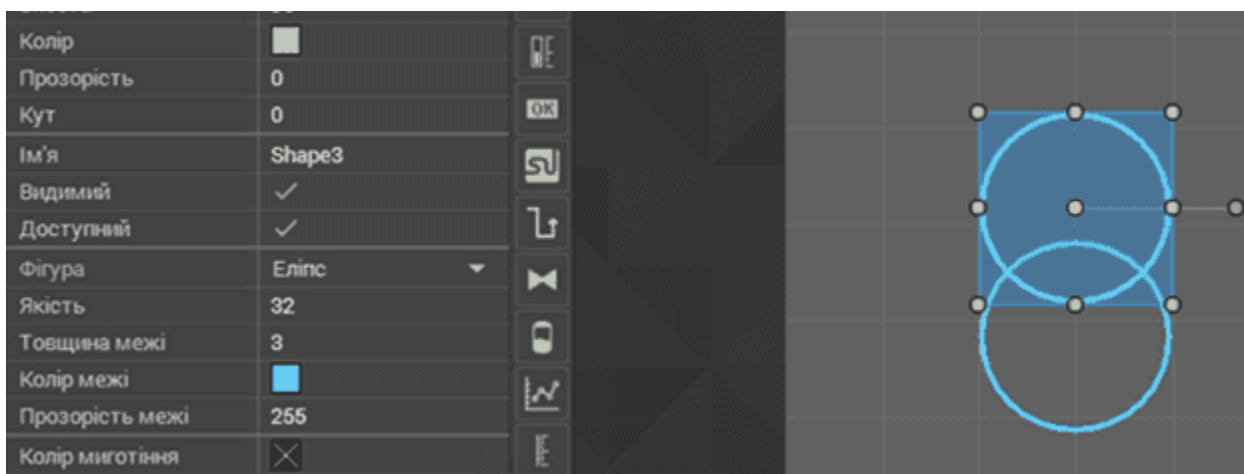



Рис. 2.60. Створення трансформатору першого споживача

Скопіюємо зображення 9 разів, розташуємо їх поряд. Використовуючи інструмент «Лінія» (  Лінія ), додамо до схеми лінії, що позначають силову електричну мережу. Товщина та колір – ті ж самі. Побудуємо силову мережу та додамо напис «До споживачів» (рис. 2.61).

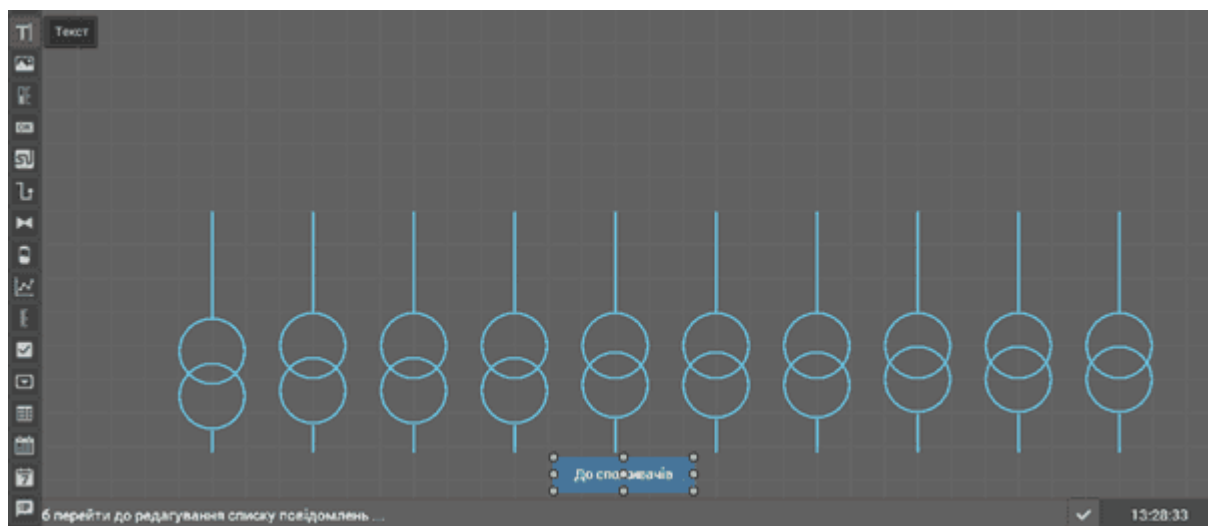


Рис. 2.61. Схематичне зображення трансформаторів

За допомогою тих самих інструментів побудуємо дві лінії живлення споживачів та додамо відповідно текстові позначення (рис. 2.62).

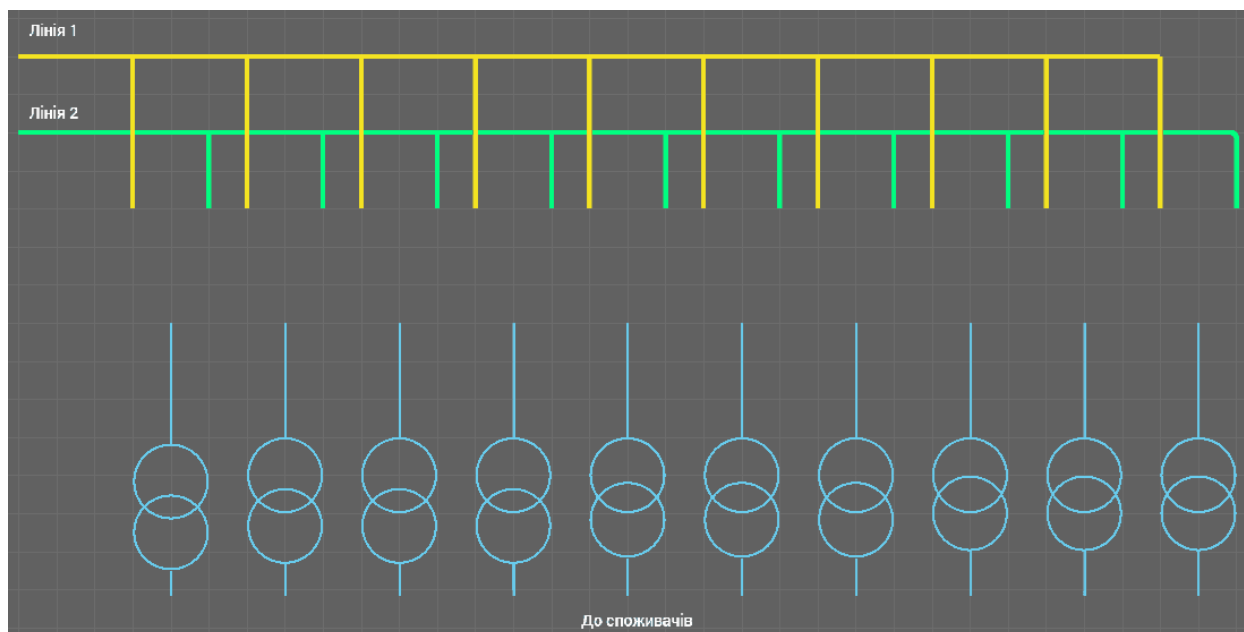


Рис. 2.62. Схематичне зображення трансформаторів та ліній живлення

Наступний крок – побудова пристрою перемикання. Для цього розташуємо у просторі між лініями мережі та трансформаторами прямокутник, до якого додамо 3 кнопки: «Лінія 1», «Лінія 2» та «Вимкнути» (рис. 2.63).

Інструмент «Кнопка» надає можливість налаштування підпису, кольору та інших атрибутів кнопки (рис. 2.64).

Для ідентифікації перемикачів позначимо їх Q1..Q10. Запрограмуємо їх роботу так, щоб при натисканні кнопки «Лінія 1» або «Лінія 2» будь-якого перемикача відповідний споживач підключався до відповідної лінії, а при натисканні «Вимкнути» – відключався від постачання енергії. Для цього перейдемо до меню «Змінні» – «Редагувати» (або натиснемо Alt+V).

У редакторі змінних, натискаючи кнопку «+», додаємо змінну «Q1» (рис. 2.65). Обов'язковим є вибір типу «Внутрішній тег» (їх кількість у демоверсії не обмежена). Аналогічно створюємо змінні Q2..Q10 (рис. 2.66). Інший спосіб – копіювання змінних. До кожної змінної можна додати опис.

З рис. 2.66 видно, що жодна із створених змінних не пов'язана з OPC сервером, тобто є внутрішньою. Тип даних за замовчанням – Single – відповідає дійсному числу одинарної точності.

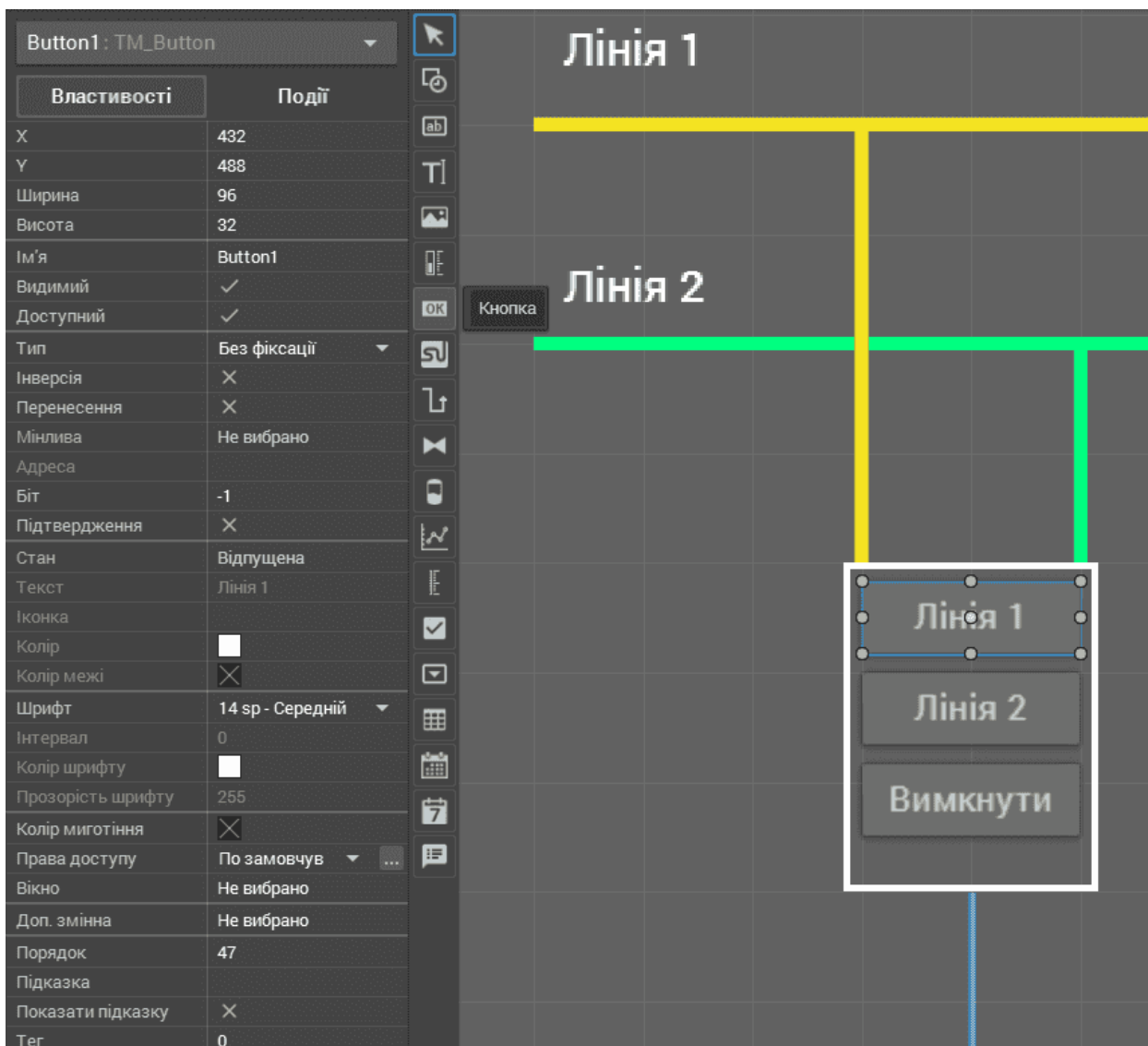


Рис. 2.63. Побудова пристрою перемикання

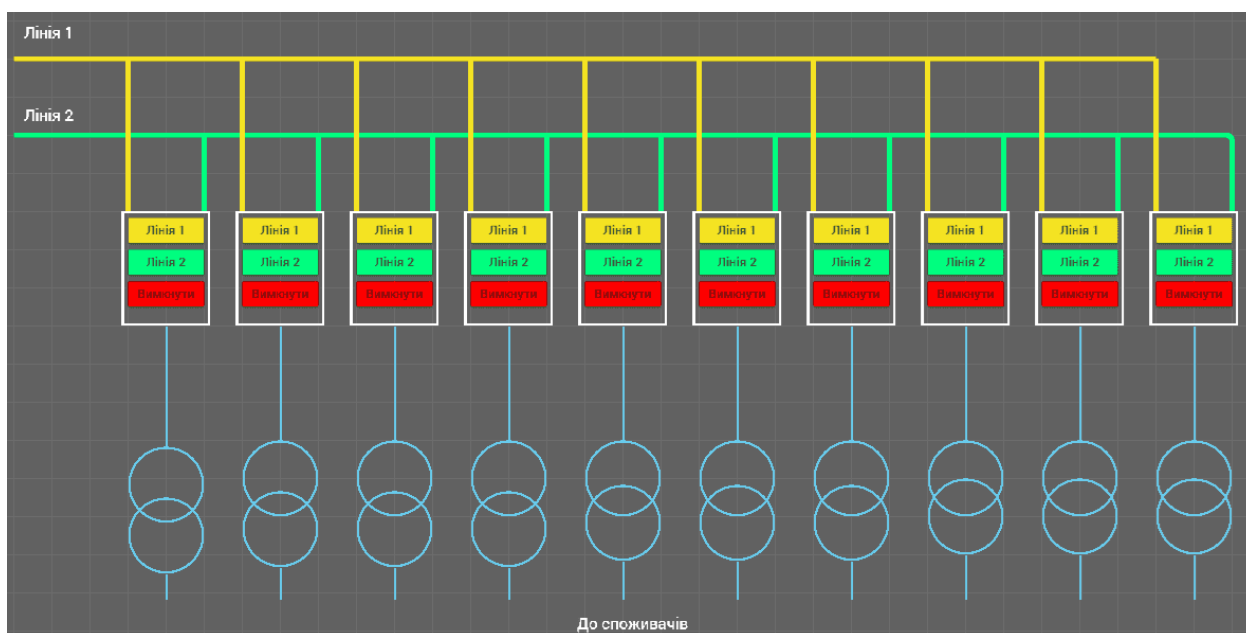


Рис. 2.64. Побудова пристроїв перемикання ліній живлення

Рис. 2.65. Створення змінних у Simple-Scada

н. п./	Ім'я	Адреса	ID	OPC сервер	Тип даних	Шкала	Частота	Тренди	Опис
1	Q1		0		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
2	Q2		1		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
3	Q3		2		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
4	Q4		3		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
5	Q5		4		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
6	Q6		5		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
7	Q7		6		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
8	Q8		7		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
9	Q9		8		Single	Не вибра	По замо	Не архів	
10	Q10		9		Single	Не вибра	По замо	Не архів	

Рис. 2.66. Редактор змінних

Якщо є необхідність задання граничних значень змінної, із нею пов'язується шкала, 0 якої відповідає мінімальному значенню, а 100 – максимальному. Параметр «Частота» визначає частоту, з якою опитується OPC сервер для визначення значення зовнішньої змінної. Змінні можуть бути згруповані логічно (наприклад, Q1..Q10 – споживання енергії споживачем із



відповідним номером). Для нас найбільшу цікавість являє параметр «Тренди» – він керує накопиченням часового ряду, пов'язаного із змінною. Для його збереження необхідно налаштування серверу СУБД MySQL.

Для реалізації функціональності створених кнопок необхідно встановити обробники події «натискання на кнопку» (OnClick), які програмуються за допомогою скриптів Simple-Scada Pascal-подібною мовою. Для цього повернемося до основного вікна, виділимо кнопку «Лінія 1» перемикача Q1 та перейдемо до пункту «Події» (рис. 2.67).

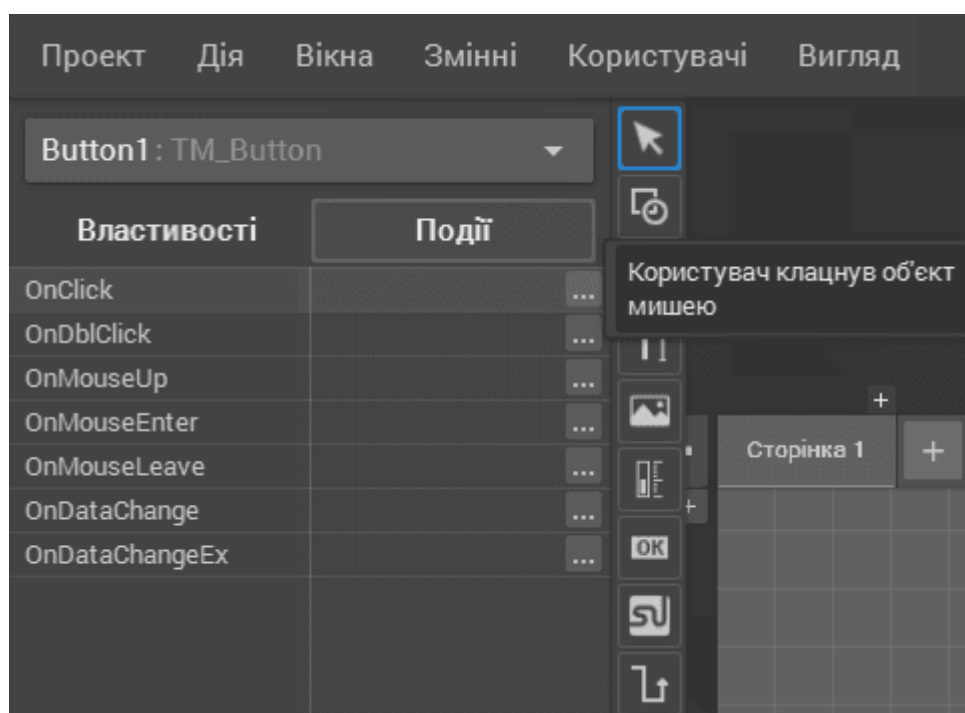


Рис. 2.67. Налаштування обробників подій

Подвійним натисканням на «...» навпроти рядка OnClick перейдемо до редактору скрипта, який виконуватиметься при натисканні на кнопку, встановлюючи значення змінної Q1 у 1. Для перевірки правильності скрипта, натиснувши на F9, виконуємо компіляцію (рис. 2.68).

У відповідному скрипті для обробника натискання на кнопку «Лінія 2» вказуємо Q1.Value:=2; а для кнопки «Вимкнути» – Q1.Value:=0; Аналогічним чином вносимо зміни до перемикачів Q2..Q10, змінюючи відповідний індекс після Q.

Наступним кроком налаштуємо індикацію режиму роботи споживачів.

Для цього біля кожного трансформатору розташуємо індикатор – коло довільного кольору, у властивостях якого оберемо змінну (Q1..Q10), пов'язану з об'єктом (рис. 2.69).

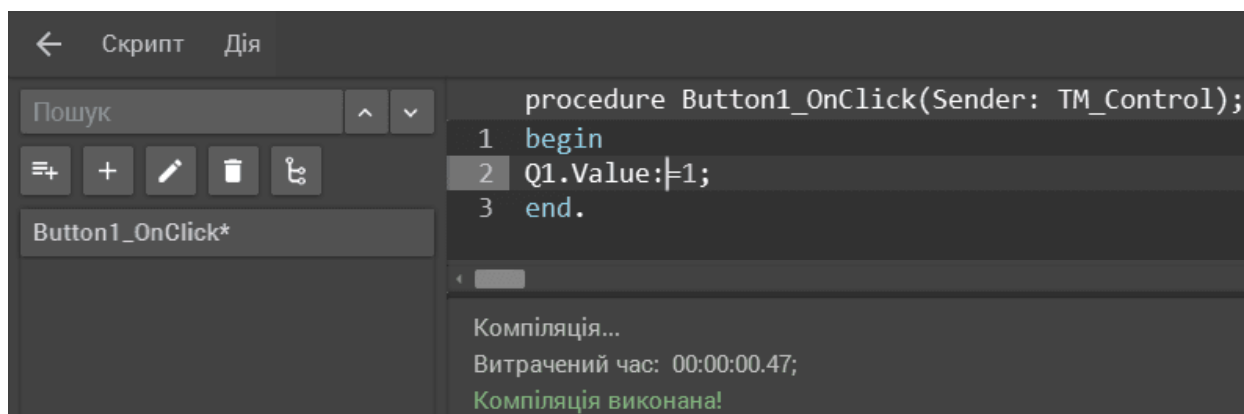


Рис. 2.68. Обробник натискання на кнопку «Лінія 1» споживача Q1

Для того, щоб індикатор відображав підключену лінію, створимо обробник події «при зміні даних», обравши у вкладці «Події» «...» навпроти рядка onDataChange (рис. 2.70).

У логіці роботи індикатора виконується зміна його кольору залежно від номеру підключеної лінії (якщо жодна лінія не підключена, встановлюється червоний колір). Аналогічний скрипт створимо для інших індикаторів.

Для відображення значень споживаної енергії встановимо у робочій зоні 12 об'єктів «Поле» (10 для споживачів Q1..Q10 та 2 для «Лінія 1», «Лінія 2») (рис. 2.71).

Для відображення відносного завантаження ліній 1 та 2 додамо однойменні об'єкти типу «Рівень» (рис. 2.72).

Для обліку споживаної електроенергії споживачами Q1..Q10 додамо у редакторі змінних Qc1..Qc10 та L1, L2 (останні – для підрахунку витрат енергії в лініях 1 та 2), після чого пов'яжемо їх із створеними полями (рис. 2.73).

Для роботи тренажеру необхідно запрограмувати систему імітаційного моделювання споживання електроенергії. Час роботи дискретизуємо з частотою 5 с та пов'яжемо його зі змінною timer5.

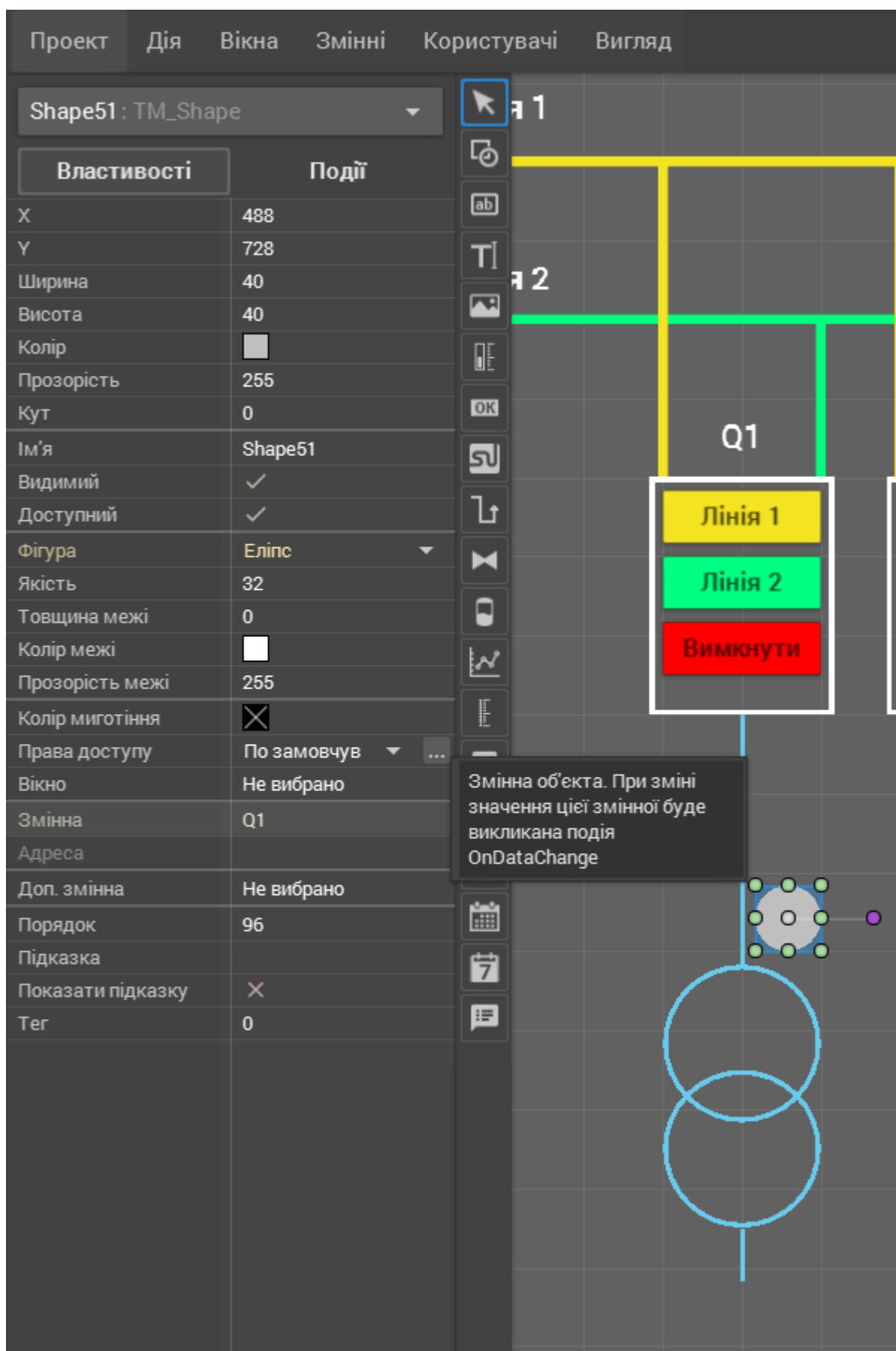


Рис. 2.69. Створення індикатора режиму роботи споживача

```

procedure Shape51_OnDataChange(Sender: TM_Control);
1 begin
2 | case Q1.Value of
3   1: Shape51.Color := RGB(244, 227, 33);
4   2: Shape51.Color := RGB(0, 255, 128);
5   0: Shape51.Color := RGB(255, 0, 0);
6   end;
7 end.

```

Рис. 2.70. Логіка роботи індикатора

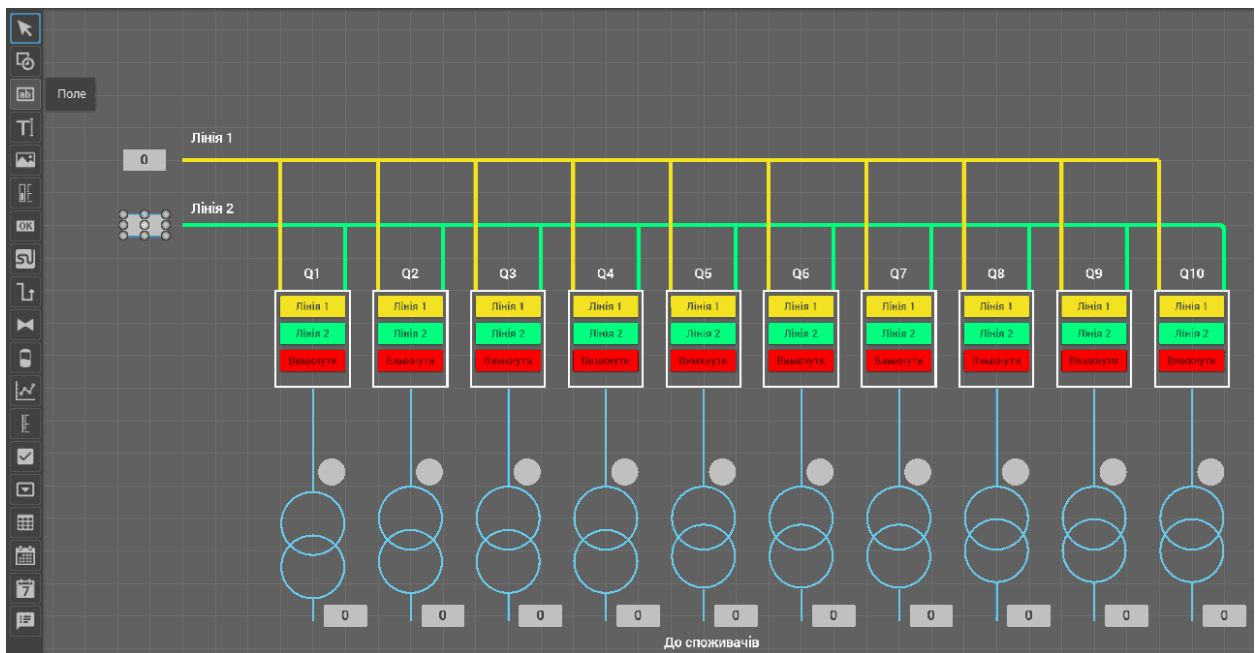


Рис. 2.71. Додавання числових показників миттєвого споживання електроенергії

Для початку генерації процесу споживання електроенергії опишемо процес зміни витрат у скрипті, пов'язаним із секундним таймером. Для цього в меню «Проект» оберемо пункт «Скрипти» (Alt+S), створимо новий скрипт натисканням на знак «+» та пов'яжемо його із подією «Пройшла секунда» (рис. 2.74).

Код скрипту:

```

begin
  // Модельний час - 5 с, але таймер - секундний, тому
  // виконуватимемо дії, якщо значення timer5 дорівнюватиме 0
  timer5.Value:= timer5.Value + 1;

```

```

if timer5.Value = 5 then timer5.Value:=0;

// Оновлюємо дані споживання у залежності від положення перемикачів
if timer5.Value=0 then
begin
  // встановлюємо рівень споживання у діапазоні [10; 30)
  // для покращення моделі можна індивідуалізувати формулу
  // генерації для різних споживачів
  if Q1.Value <>0 then Qc1.Value:=10+Random(20);
  if Q2.Value <>0 then Qc2.Value:=10+Random(20);
  if Q3.Value <>0 then Qc3.Value:=10+Random(20);
  if Q4.Value <>0 then Qc4.Value:=10+Random(20);
  if Q5.Value <>0 then Qc5.Value:=10+Random(20);
  if Q6.Value <>0 then Qc6.Value:=10+Random(20);
  if Q7.Value <>0 then Qc7.Value:=10+Random(20);
  if Q8.Value <>0 then Qc8.Value:=10+Random(20);
  if Q9.Value <>0 then Qc9.Value:=10+Random(20);
  if Q10.Value <>0 then Qc10.Value:=10+Random(20);
end;

// Розраховуємо суми споживань по лініях 1 та 2:
L1.Value := 0;
if Q1.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc1.Value;
if Q2.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc2.Value;
if Q3.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc3.Value;
if Q4.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc4.Value;
if Q5.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc5.Value;
if Q6.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc6.Value;
if Q7.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc7.Value;
if Q8.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc8.Value;
if Q9.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc9.Value;
if Q10.Value=1 then L1.Value:=L1.Value+Qc10.Value;

L2.Value := 0;
if Q1.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc1.Value;
if Q2.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc2.Value;
if Q3.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc3.Value;
if Q4.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc4.Value;
if Q5.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc5.Value;
if Q6.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc6.Value;
if Q7.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc7.Value;
if Q8.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc8.Value;
if Q9.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc9.Value;
if Q10.Value=2 then L2.Value:=L2.Value+Qc10.Value;
end. // не крапка з комою, на відміну від класичного Pascal

```

Для того, щоб оператор звернув увагу на наближення споживання до граничного (90 %), створимо для індикаторів відносного завантаження ліній – об'єктів «Рівень», скрипти обробки події «при зміні даних» (OnDataChange):

```

// Для рівня лінії 1:
begin
  If L1.Value < 90 then Level1.Color := RGB(186, 255, 255)
  else Level1.Color := RGB(255, 0, 0);

```

end.

```
// Для рівня лінії 2:
begin
  If L2.Value < 90 then Level2.Color := RGB(186, 255, 255)
  else Level2.Color := RGB(255, 0, 0);
end.
```

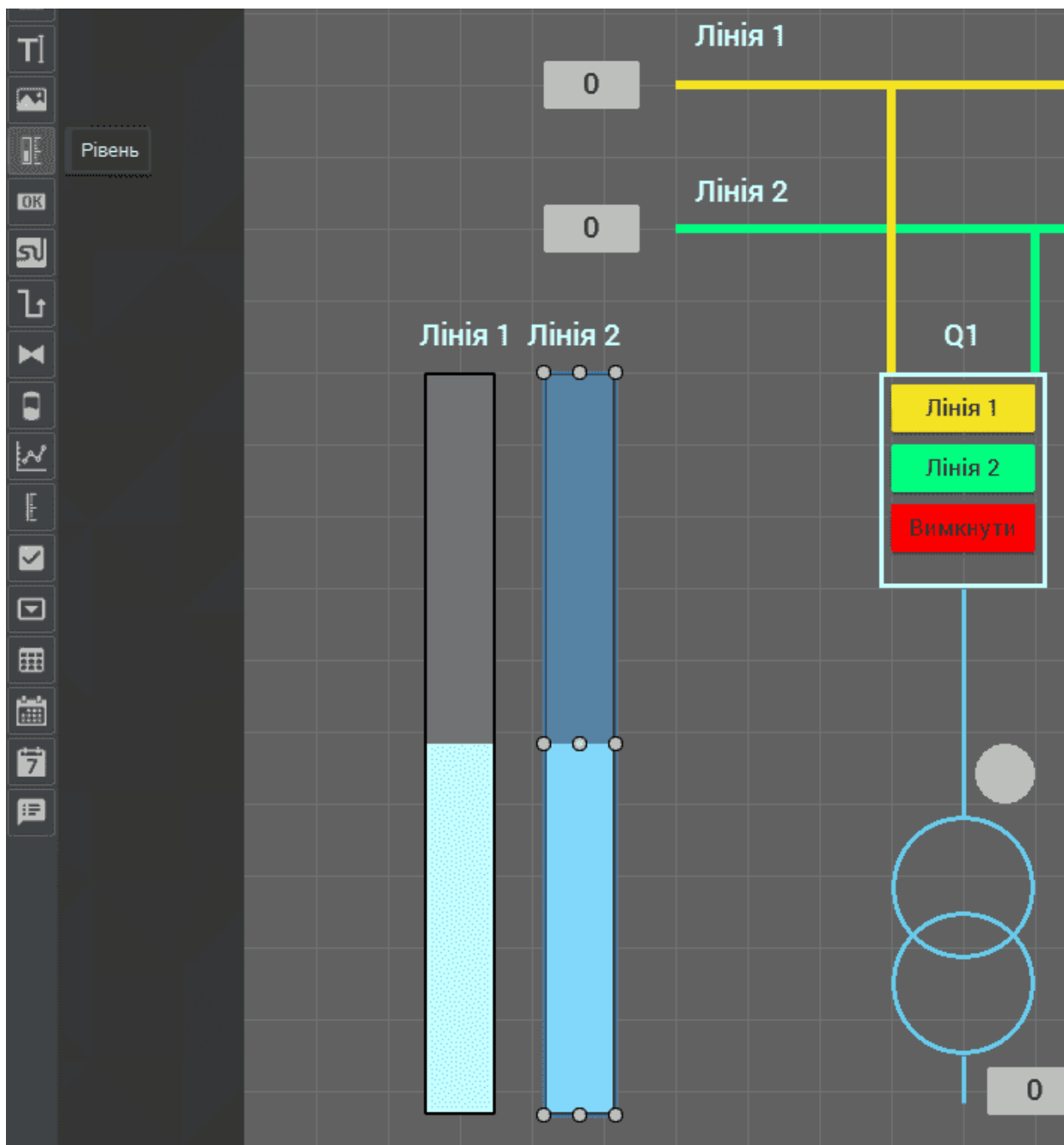


Рис. 2.72. Додавання індикаторів відносного завантаження ліній 1 та 2

Останній крок – додавання тимчасових трендів для змінних L1, L2, що відображаються у вигляді графіків навантаження для кожної з ліній.

Скористуємося для цього об'єктом «Тимчасові тренди» (рис. 2.75) та розташуємо зону тренду у верхній частині робочої сторінки.

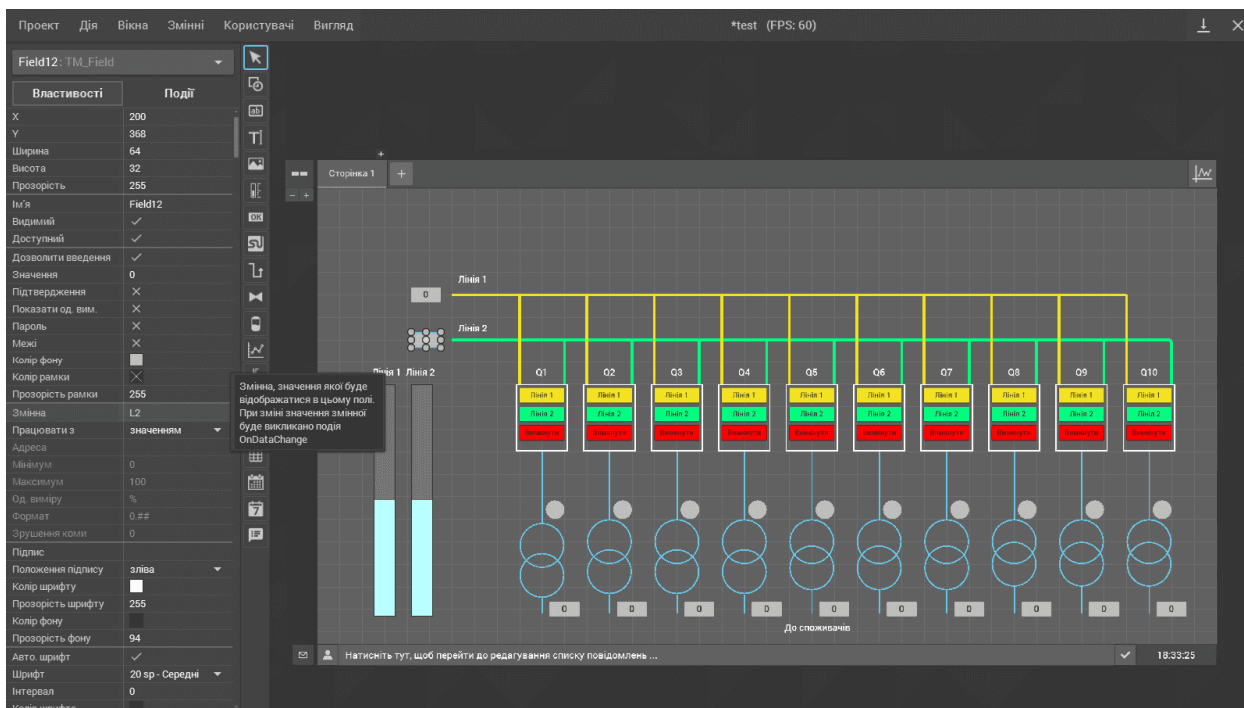


Рис. 2.73. Приклад: вибір змінної L2 для об'єкту «Поле», пов'язаному із лінією 2

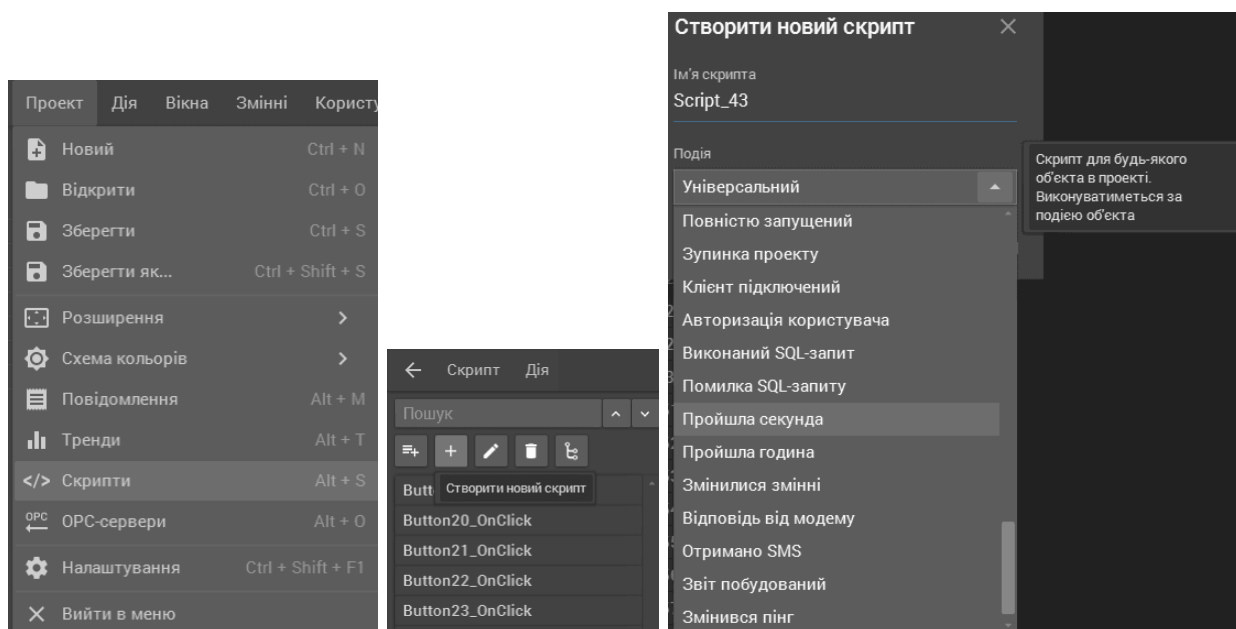


Рис. 2.74. Створення обробника таймеру

Натиснувши на «...» навпроти властивості «Тренди», перейдемо до властивостей, де необхідно пов'язати тренд 1 зі змінною L1, та, додавши

тренд 2, пов'язати його зі змінною L2 (рис. 2.76). Колір тренду обираємо відповідним до кольору ліній живлення.

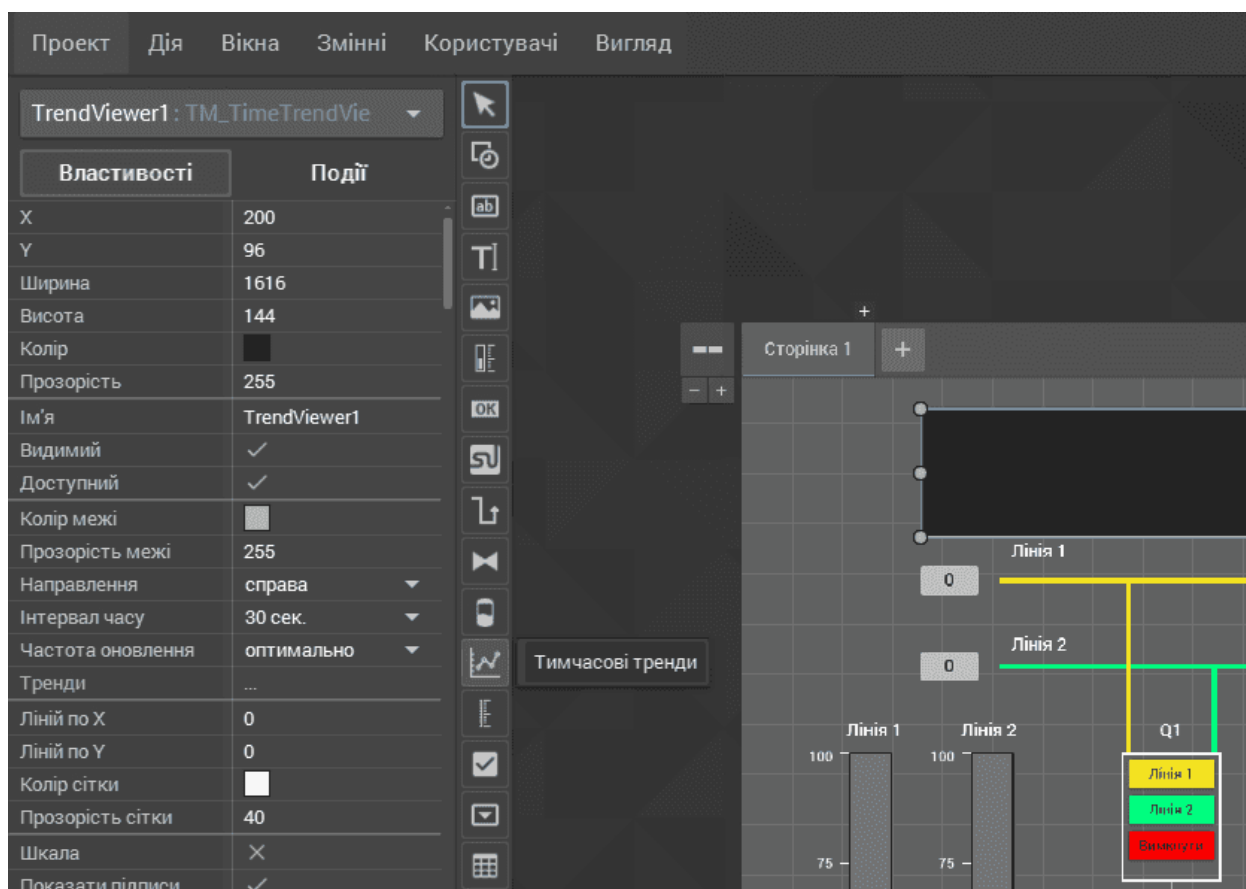


Рис. 2.75. Створення часових трендів

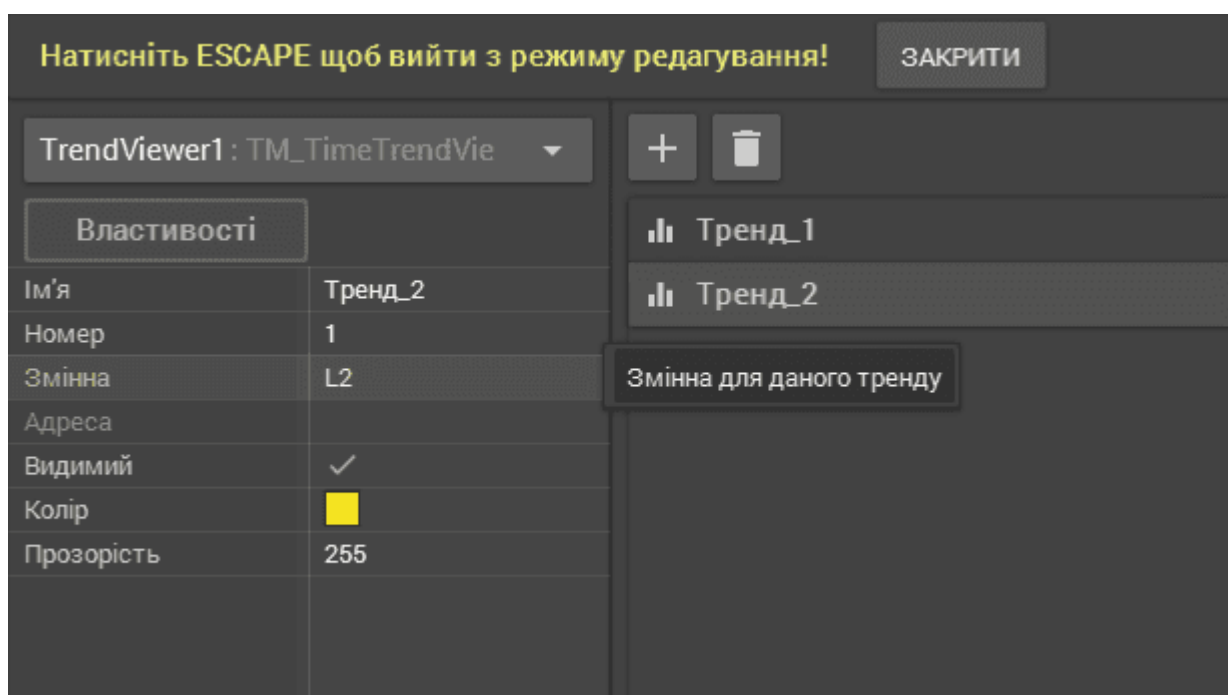


Рис. 2.76. Вибір змінної, що відображатиме тренд



Після додавання трендів проєкт, створений у Simple-Editor, необхідно зберегти та запустити програму Simple-Client (рис. 2.77).

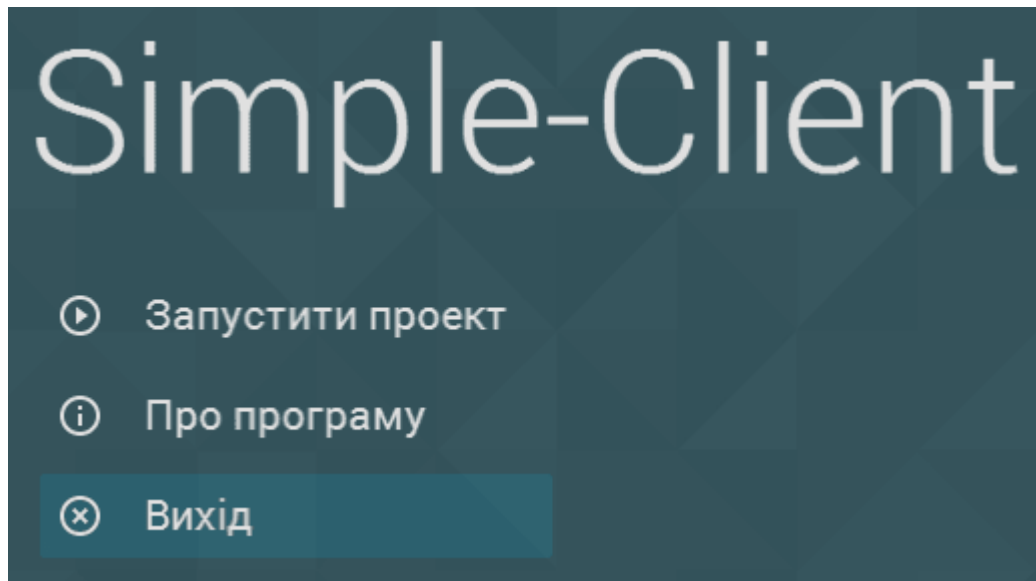


Рис. 2.77. Початковий екран програми Simple-Client

У клієнті Simple-Scada обирається пункт «Запустити проєкт» – саме у клієнті, перемикаючи перемикачі у різні положення, виконується аналіз роботи системи (рис. 2.78).

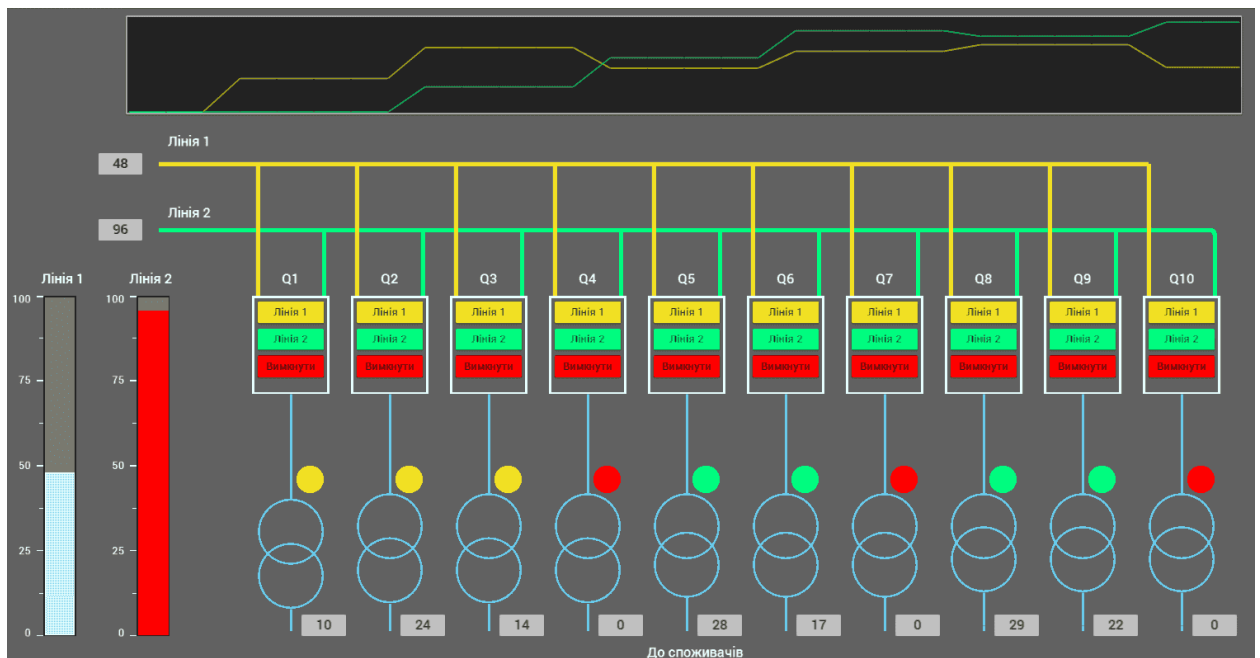


Рис. 2.78. Робота тренажера у Simple-Client

При роботі на тренажері студент оцінює кількість споживачів,

підключених до кожної з ліній, загальну миттєву завантаженість ліній, середню завантаженість ліній за допомоги часових трендів та приймає рішення про перемикання споживачів між лініями, або відключення їх взагалі, для уникнення аварійних ситуацій.

Провідною для формування *компетенції у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах* є навчальна дисципліна «Теорія електропривода», метою вивчення якої є формування у студентів системи знань з питань теорії автоматизованого електропривода, на базі якої ґрунтуються принципи побудови його механічної частини і системи керування, динамічні та енергетичні властивості; набуття практичних навичок та умінь, необхідних для розрахунку параметрів і характеристик та вибору елементів привода, ефективної та якісної експлуатації електромеханічних систем технологічних комплексів підприємств.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

– *знати*: структуру та типові елементи автоматизованого електропривода, їх призначення, передаточні функції, часові, частотні та статичні характеристики; електромеханічні властивості приводних електродвигунів постійного та змінного струмів; кінематичні схеми електроприводів, основні рівняння електромеханічного перетворення енергії; принципи побудови автоматизованих електроприводів та їх систем керування, способи та системи регулювання вихідних параметрів електроприводів постійного та змінного струмів, функціональні схеми типових систем автоматичного регулювання швидкості одно- та двозонного електроприводу постійного струму; принципи частотного регулювання швидкості та схеми типових частотно-регульованих асинхронних електроприводів; основні енергетичні показники і види втрат в електроприводів у перехідних та усталених режимах; типові теплові режими роботи, методи розрахунку потужності та вибору приводних електроприводів у різних режимах; види перехідних процесів та методику визначення

показників якості електроприводів у перехідних режимах, особливості приводних електроприводів при пуску, реверсуванні та гальмуванні, способи формування перехідних процесів; особливості розрахункових схем систем електроприводів з пружними зв'язками; зміст та вимоги основної нормативно-технічної документації, довідкової літератури і держстандартів до автоматизованих електроприводів та їх елементів; типові регульовані електроприводи та елементи, що їх складають; перспективи та тенденції розвитку теорії та практики використання електроприводів;

– *вміти*: розраховувати параметри моделей елементів електроприводів; здійснювати зведення моментів та сил опору до валу приводного електроприводу; розраховувати та будувати графіки характеристик електроприводів в усталеному та перехідних режимах роботи; розраховувати енергетичні показники, навантажувальні діаграми та будувати їх графіки; визначати потужність та обирати приводний двигун для різних теплових режимів й проводити перевірку приводного електроприводу за нагріванням і за перевантажувальної здатності; розраховувати пружні системи електроприводів в усталеному та перехідному режимах; експериментально досліджувати шляхом отримання вимірювальних даних, розраховувати та будувати графіки характеристик приводного електроприводу та інших елементів привода і аналізувати їх властивості.

Р. Мадейські (Rafał Madejski) у [47] описує модель трифазного асинхронного двигуна, що реалізується у Scilab без використання Xcos. Автор вказує, що моделювання є важливим засобом досліджень у галузі електроприводу та силової електроніки, а універсальні пакети моделювання, які містять моделі електричних машин і компонентів силової електроніки, значно прискорюють і полегшують процес моделювання і моделювання складних систем приводу, в тому числі індукційних. Ураховуючи регіональний компонент (наявність у м. Кривий Ріг великих промислових підприємств), на особливу увагу заслуговує моделювання асинхронних електродвигунів великої потужності (більше 30 кВт), яка зумовлює

необхідність явного врахування в моделі факторів, які за меншої потужності можна не враховувати без втрати адекватності моделі.

Одна з найпопулярніших моделей асинхронних двигунів у системі координат  $dq$  подана у [45, с. 184-187]. Згідно із наведеною п. 4.14 моделлю, система диференціальних рівнянь руху для асинхронного двигуна в системі  $dq$  має наступний вигляд:

$$\frac{d\psi_{qs}}{dt} = \omega_b \left[ V_{ds} - \frac{\omega_e}{\omega_b} + \frac{R_s}{X_{ls}} (\psi_{mq} - \psi_{ds}) \right] \quad (2.1)$$

$$\frac{d\psi_{ds}}{dt} = \omega_b \left[ V_{ds} - \frac{\omega_e}{\omega_b} \psi_{ds} + \frac{R_s}{X_{ls}} (\psi_{mq} - \psi_{ds}) \right] \quad (2.2)$$

$$\frac{d\psi_{qr}}{dt} = \omega_b \left[ -\frac{(\omega_e - \omega_r)}{\omega_b} \psi_{dr} + \frac{R_r}{X_{lr}} (\psi_{mq} - \psi_{qr}) \right] \quad (2.3)$$

$$\frac{d\psi_{dr}}{dt} = \omega_b \left[ \frac{(\omega_e - \omega_r)}{\omega_b} \psi_{qr} + \frac{R_r}{X_{lr}} (\psi_{md} - \psi_{dr}) \right] \quad (2.4)$$

$$d\psi_{mq} = X_{ml} \left[ \frac{\psi_{qs}}{X_{ls}} + \frac{\psi_{qr}}{X_{lr}} \right] \quad (2.5)$$

$$d\psi_{md} = X_{ml} \left[ \frac{\psi_{ds}}{X_{ls}} + \frac{\psi_{dr}}{X_{lr}} \right] \quad (2.6)$$

$$X_{ml} = \left( \frac{1}{X_m} + \frac{1}{X_{ls}} + \frac{1}{X_{lr}} \right)^{-1} \quad (2.7)$$

Рівняння струмів:

$$i_{qs} = \frac{-1}{X_{ls}} (\psi_{mq} - \psi_{qs}) \quad (2.8)$$

$$i_{ds} = \frac{-1}{X_{ls}} (\psi_{md} - \psi_{ds}) \quad (2.9)$$

$$i_{qr} = \frac{-1}{X_{lr}} (\psi_{mq} - \psi_{qr}) \quad (2.10)$$

$$i_{dr} = \frac{-1}{X_{lr}} (\psi_{md} - \psi_{dr}) \quad (2.11)$$

де

$X_{lr} = \omega_e L_{lr}$  – реактивний опір ротора;

$X_{ls} = \omega_e L_{lrs}$  – реактивний опір статора;

$X_m = \omega_e L_m$  – індуктивний опір взаємодукції;

$X_{ml}$  – еквівалентний індуктивний опір електродвигуна;

$R_s$  – активний опір статора;

$R_r$  – активний опір ротора;

$\omega_e$  – кутова швидкість поля статора;

$\omega_r$  – швидкість ротора;

$\omega_b$  – базова кутова швидкість двигуна;

Електромеханічні рівняння:

$$T_e = \frac{3}{4} \frac{p}{\omega_b} (\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds}) \quad (2.12)$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{p}{2j} (T_e - B\omega_r - T_l) \quad (2.13)$$

де

$p$  – кількість полюсів;

$j$  – момент інерції;

$B$  – коефіцієнт втрат на тертя підшипника.

Для переходу від трифазної системи напруги abc до двофазної dq у стаціонарній системі координат можна використати блоки координатних перетворень (перетворення Парка):

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & -0,5 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

де  $V_a = V_m \sin(\omega t)$ ,  $V_b = V_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$ ,  $V_c = V_m \sin(\omega t + 2\pi/3)$ ,  $\theta = \omega t$ ,  $\theta = [0; 2\pi]$ .

Обернений перехід від системи координат dq до системи координат abc для струмів статора:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -0,5 & -\sqrt{3}/2 \\ -0,5 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Описані рівняння реалізовані у функції Vdqfun(), вхідними параметрами якої є:

t – вектор часу;

x – вектор змінних стану технічного об'єкта (x = [Fqs; Fd; Fqr; Fdr; wr; Te; iA, iB, iC]);

Vm – напруга живлення;

fHz – частота напруги живлення.

Результат – масив xdot, що містить визначену систему диференціальних рівнянь.

```
function [xdot]=Vdqfun(t, x, Vm, fHz)
    xdot=zeros(9,1); // визначаємо нульову матрицю розміром 9x1

    // отримуємо змінні з вектору стану
    Fqs=x(1); // потокозчеплення статора за віссю q
    Fds=x(2); // потокозчеплення статора за віссю d
    Fqr=x(3); // потокозчеплення ротора за віссю q
    Fdr=x(4); // потокозчеплення ротора за віссю d
    wr=x(5); // кутова швидкість ротора, рад/с

    // параметри двигуна
    Rs=0.435; // активний опір статора, Ом
    Rr=0.64; // активний опір ротора, Ом
    Ls=0.0477; // індуктивність статора, Гн
    Lr=0.0577; // індуктивність ротора, Гн
    Lm=0.012; // взаємоіндуктивність, Гн
    B=0.001; // коефіцієнт тертя у підшипниках
    J=0.28; // момент інерції
    p=6; // кількість пар полюсів

    we=4*pi*fHz/p; // кутова швидкість поля статора, рад/с
    wb=2*pi*50 // базова кутова швидкість двигуна, рад/с
    w=2*pi*fHz; // кутова частота напруги живлення
    theta=w*t; // електричний кут

    Tl=0; // момент навантаження

    Xls=wb*Ls; // реактивний опір статора
    Xlr=wb*Lr; // реактивний опір ротора
    Xm=wb*Lm; // індуктивний опір взаємоіндукції
    Xml=1/(1/Xm+1/Xls+1/Xlr); // еквівалентний індуктивний опір електродвигуна

    Fmq=Xml*(Fqs/Xls+Fqr/Xlr); // взаємне потокозчеплення за віссю q
    Fmd=Xml*(Fds/Xls+Fdr/Xlr); // взаємне потокозчеплення за віссю d
```

```

iqs=-(Fmq-Fqs)/Xls; // струм статора за віссю q
ids=-(Fmd-Fds)/Xls; // струм статора за віссю d
iqrr=-(Fmq-Fqr)/Xlr; // струм ротора за віссю q
idrr=-(Fmd-Fdr)/Xlr; // струм ротора за віссю d

Te=(3/4)*(p/wb)*(Fds*iqs-Fqs*ids); // Електромагнітний момент

Va=Vm*sin(w*t); // живляча напруга фази A
Vb=Vm*sin(w*t-2*pi/3); // живляча напруга фази B
Vc=Vm*sin(w*t+2*pi/3); // живляча напруга фази C

// моделювання аварійного стану, починаючи з t=3
if t>=3 then // тут пропонуємо поекспериментувати
  Va=0; // зі зникненням напруги на кожній фазі окремо
  Vb=0; // (або на всіх трьох)
  Vc=0;
end

// Перетворення Парка
[Vdq]=2/3*[cos(theta),-sin(theta);sin(theta),cos(theta)]*[1,0.5,-
0.5;0,sqrt(3)/2,-sqrt(3)/2]*[Va;Vb;Vc];
Vq=Vdq(1)
Vd=Vdq(2)

// Обернене перетворення Парка
[iabc]=[1,0;-0.5,-sqrt(3)/2;-0.5,sqrt(3)/2]*[cos(theta),sin(theta);-
sin(theta),cos(theta)]*[iqs;ids];

xdot(7)=iabc(1);
xdot(8)=iabc(2);
xdot(9)=iabc(3);

// диференціальні рівняння
xdot(1)=wb*(Vq-(we/wb)*Fds+(Rs/Xls)*(Fmq-Fqs));
xdot(2)=wb*(Vd+(we/wb)*Fqs+(Rs/Xls)*(Fmd-Fds));
xdot(3)=wb*(-((we-wr)/wb)*Fdr+(Rr/Xlr)*(Fmq-Fqr));
xdot(4)=wb*((we-wr)/wb)*Fqr+(Rr/Xlr)*(Fmd-Fdr);
xdot(5)=p/(2*J)*(Te-B*wr-Tl);

xdot(6)=Te; // зберігаємо значення Te на кожному кроці інтегрування

endfunction

```

Функція `Vdqfun` визначає систему диференціальних рівнянь, яка є моделлю трифазного асинхронного двигуна. Для початку моделювання необхідно визначити наступні параметри:

```

t0=0; // початковий час моделювання
t1=4; // кінцевий час моделювання
dt=0.001; // часовий крок інтегрування рівнянь
fHz=50; // частота напруги живлення
Vm=380; // амплітуда напруги живлення

```

Наступний крок – виклик функції `ode` для інтегрування визначених у

Vdqfun рівнянь:

```
x0=[0;0;0;0;0;0] // початкові умови
// інтегрування рівнянь
x=ode(x0, t0, t0:dt:t1, list(Vdqfun, Vm, fHz));
```

Результат інтегрування – матриця  $x$ , стовпці якої містять значення потокозчеплення ( $F_{qs}$ ,  $F_{ds}$ ,  $F_{qr}$ ,  $F_{dr}$ ), кутову швидкість  $\omega_r$ , електромагнітний момент  $T_e$  та фазні струми ( $i_A$ ,  $i_B$ ,  $i_C$ ).

Для отримання графіку залежності  $T_e$  від часу використовуємо функцію plot:

```
plot(t0:dt:t1, x(6,:));
```

На рис. 2.79 можна побачити стадії розгону двигуна (з 0 с до 1 с), вихід на усталений режим (з 1 с до 3 с), аварійне зменшення моменту (на третій секунді), пов'язане із коротким замиканням на одній з фаз (або усіх трьох, у залежності від значень в умовному блоці функції Vdqfun).

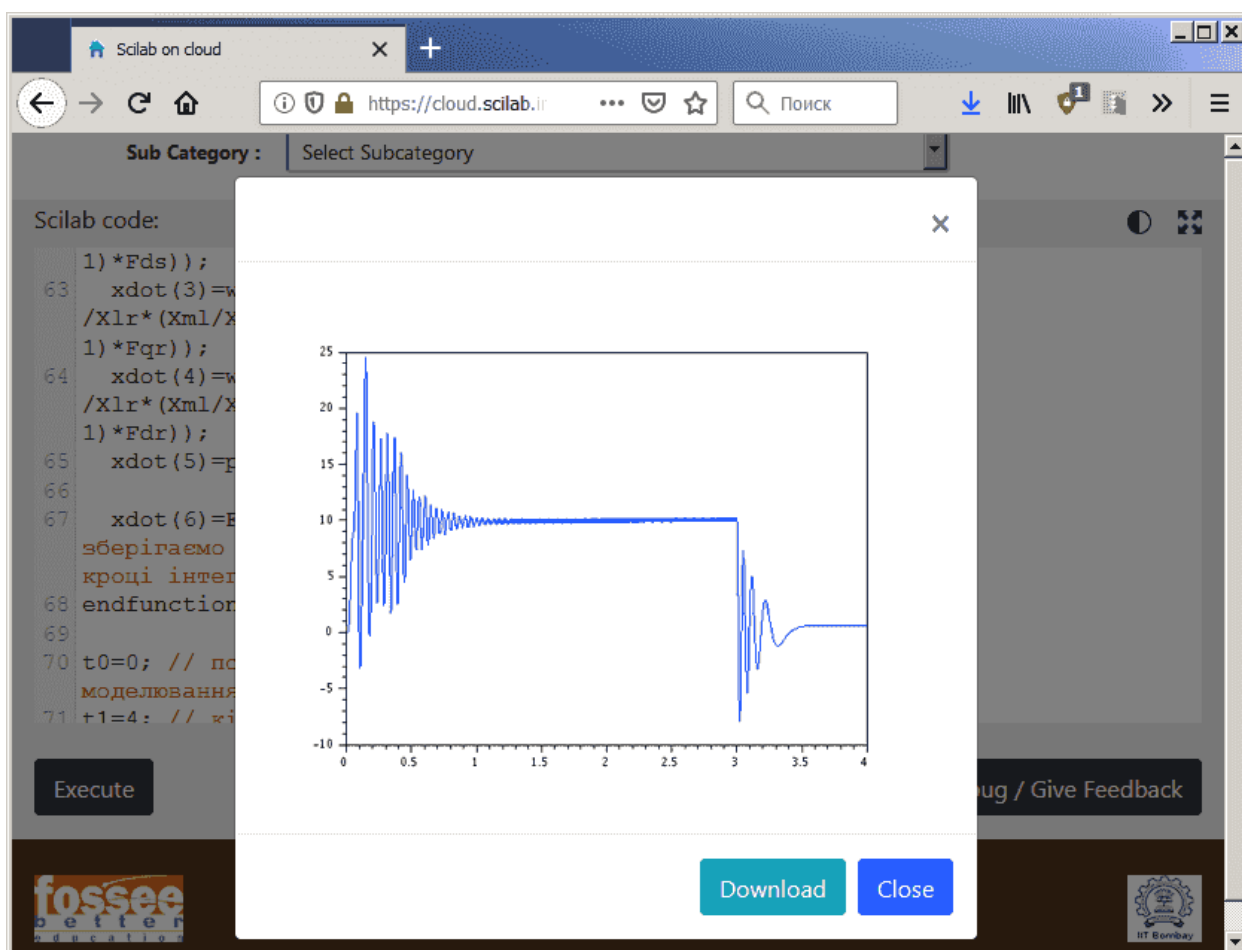


Рис. 2.79. Графік зміни електромагнітного моменту трифазного двигуна



Для отримання реальних значень струмів на різних фазах необхідно виконати обернене перетворення Парка. Значення струмів не беруть участь у чисельному інтегруванні, але зберігаються у векторі  $x$  з метою їх накопичення для подальшої інтерпретації.

Таким чином, у процесі формування спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати наступне програмне забезпечення мобільних інтернет-пристроїв:

- спеціалізовані системи для розрахунку електричних кіл;
- системи візуального моделювання як засоби імітаційного моделювання технічних об'єктів;
- засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних як засоби імітаційного моделювання процесів в електроенергетичних системах;
- мобільні комп'ютерні математичні системи, що використовується на всіх етапах моделювання;
- мобільні комунікаційні засоби для організації спільної діяльності з моделювання.

Таблиця 2.3

**Використання мобільних інтернет-пристроїв у процесі формування різних складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Клас засобів	Загально-наукова складова	Загально-професійна складова	Спеціалізовано-професійна складова
мобільні комп'ютерні математичні системи	X	X	X
мобільні комунікаційні засоби	X	X	X
хмаро орієнтовані табличні процесори	X	X	
системи візуального моделювання		X	X
мобільні засоби доповненої реальності	X		
хмаро орієнтовані текстові редактори	X		
мобільні системи автоматизованого проєктування	X		
спеціалізовані системи для розрахунку електричних кіл			X
засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних			X

Завершальною частиною професійної підготовки бакалавра електромеханіки є кваліфікаційна робота (наприклад, у формі дипломного проєкту), виконання якої вимагає комплексного використання мобільних інтернет-пристроїв для формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів (табл. 2.3).

На рис. 2.80 схематично подано інтерпретацію табл. 2.3. Кожен шар на рис. 2.80 відповідає одній із складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів: зовнішній – спеціалізовано-професійній, наступний за ним – загальнопрофесійній та внутрішній – загальнонауковій.

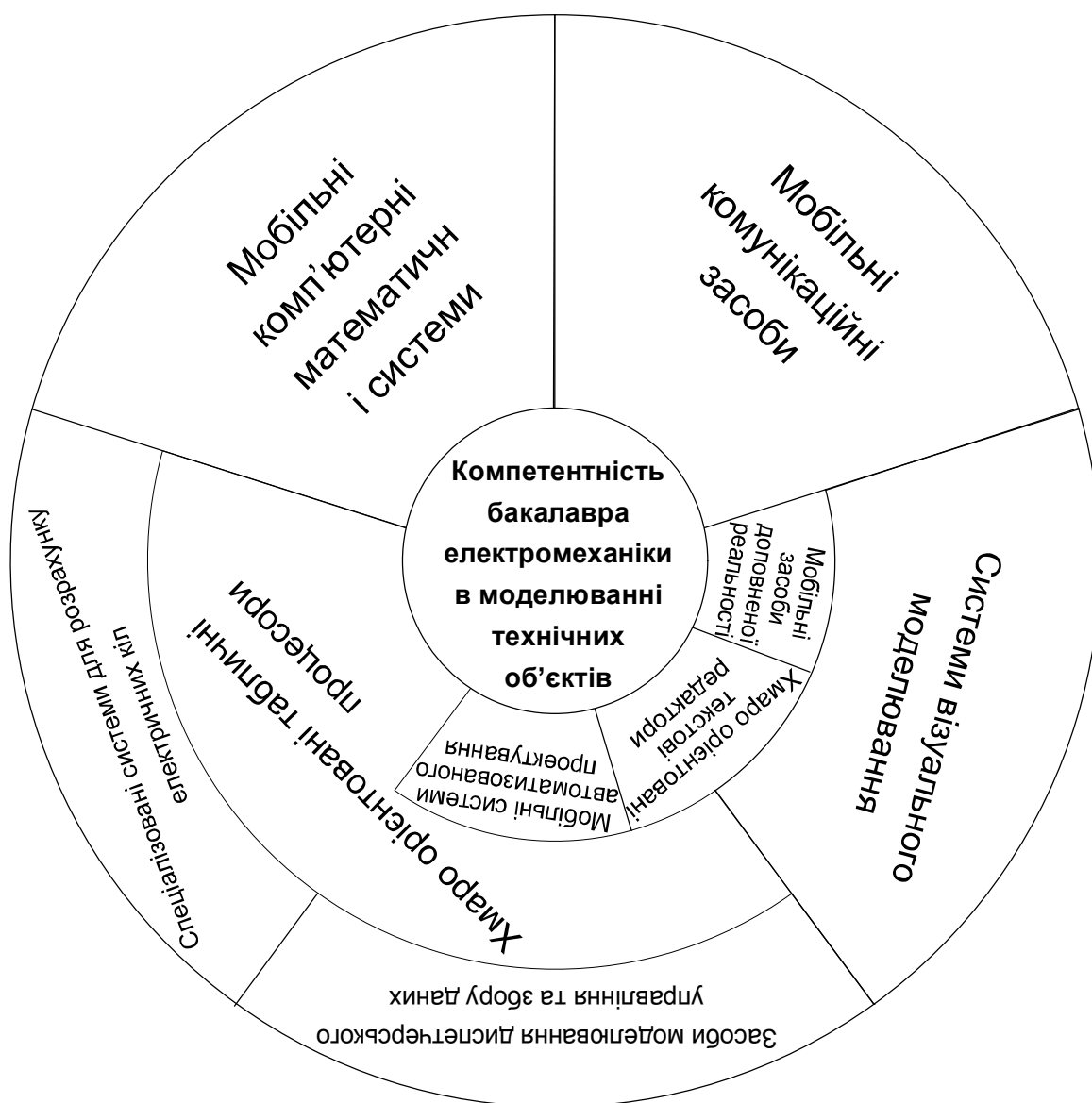


Рис. 2.80. Засоби мобільних ІКТ у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів

*Провідними формами організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв є:*

- демонстрації для формування нових понять та способів дій із використанням мобільних засобів доповненої реальності;
- лабораторні роботи, у ході яких комплексно використовуються всі класи засобів мобільних ІКТ;
- лекції: інформаційні (при поданні нового матеріалу), лекції-семінари (за умови застосування проблемного методу), лекції-демонстрації (для комплексного формування умінь з моделювання) та лекції-консультації (для підготовки та підтримки дослідницького проекту);
- ділова гра із використанням SCADA-систем для формування операторських умінь засобами імітаційного моделювання;
- робота в парах та малих групах;
- проектна форма навчання;
- консультації (очні та дистанційні).

*Провідними методами використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів є:*

- метод проблемного подання, за якого мобільні інтернет-пристрої використовуються як засіб отримання відомостей з різних джерел, що стосуються тематики заняття;
- частково-пошуковий метод, а саме прийоми символічного та образного бачення, що відповідають різним способам подання моделі технічного об'єкту – математичної та структурної;
- метод помилок, який доцільно застосовувати при поданні моделі як у вигляді програми в мобільній комп'ютерній математичній системі, так й у вигляді структурної схеми в системі візуального моделювання;
- дослідницький метод використовується як основний у процесі формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів;
- метод проектів використовується для організації спільної навчально-

дослідницької діяльності студентів з моделювання;

– метод демонстраційних прикладів використовується як на лекціях-демонстраціях, так й на практичних заняттях для дослідження готових моделей на адекватність та їх подальшого розвитку;

– обчислювальний експеримент (як один із етапів моделювання) та програмування (як один із способів реалізації моделі);

– лекційний метод.

Ураховуючи, що мобільні комунікаційні засоби сприяють активному характеру взаємодії учасників навчального процесу, а застосовані форми організації та методи використання мобільних інтернет-пристроїв сприяють навчанню бакалаврів електромеханіки на засадах співпраці та співтворчості, розроблена технологія використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів має основні ознаки інтерактивної технології навчання [106, с. 14].

## **Висновки до розділу 2**

1. Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів містить: а) суспільно значущі та значущі для розвитку виробництва фактори, що визначають доцільність та необхідність розробки методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів; б) методологічні підходи (компетентнісний, системний, міждисциплінарний, модельний та діяльнісний) використання мобільних ІКТ і засобів навчання; в) цільовий блок, що конкретизує мету – формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів; г) змістово-технологічний блок, в якому відображено зв'язок змісту навчання із формуванням окремих складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та технологію використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів (система із форм

організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв, методів їх використання та засобів мобільних ІКТ); д) діагностично-результатний блок, що містить критерії оцінювання, показники, рівні сформованості та засоби діагностики компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

2. Реалізацією технології використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів є відповідна методика використання, складовими якої є частинні методики використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукової, загальнопрофесійної та спеціалізовано-професійної складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

3. Показано, що провідними для формування загальнонаукових компетенцій: у прикладній математиці є зміст навчальних дисциплін «Вища математика» та «Обчислювальна техніка та програмування»; в інформаційно-комунікаційних технологіях – «Обчислювальна техніка та програмування» та «Інженерна та комп'ютерна графіка»; у фундаментальних науках – «Вища математика», «Теоретична механіка» та «Електричні машини». Визначено, що у процесі формування загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати: мобільні засоби доповненої реальності (для візуалізації структури об'єктів та результатів моделювання); мобільні комп'ютерні математичні системи з об'єктним та символічним типом введення (на всіх етапах моделювання); хмаро орієнтовані табличні процесори (як засоби моделювання) та текстові редактори (для програмного опису моделей); мобільні системи автоматизованого проєктування (для створення та для перегляду фізичних властивостей моделей технічних об'єктів); мобільні комунікаційні засоби (для організації спільної діяльності з моделювання).

4. Показано, що провідними для формування загальнопрофесійних компетенцій: із розв'язання професійних задач засобами інформаційно-

комунікаційних технологій є зміст навчальних дисциплін «Обчислювальна техніка та програмування», «Теорія автоматичного управління» та «Моделювання електромеханічних систем»; у електричних машинах – «Електричні машини». Обґрунтовано, що для компетенції із застосування різних способів подання моделей та компетенції із критичного мислення не можна виокремити провідні навчальні дисципліни – формування цих складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відбувається протягом усієї професійної підготовки бакалавра електромеханіки. Визначено, що у процесі формування загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати: хмаро орієнтовані табличні процесори (як засоби моделювання, включно із нейромережевим); системи візуального моделювання (для структурного моделювання технічних об'єктів); мобільні комп'ютерні математичні системи (використовується на всіх етапах моделювання); мобільні комунікаційні засоби (для організації спільної діяльності з моделювання).

5. Показано, що провідними для формування спеціалізовано-професійних компетенцій: у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них й у моделюванні електромеханічних систем є зміст навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем»; з аналізу процесів в енергетичному обладнанні – «Теоретичні основи електротехніки»; у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем й у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах – «Теорія автоматичного управління» та «Теорія електропривода». Визначено, що у процесі формування спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів доцільно використовувати: спеціалізовані системи (для розрахунку електричних кіл); системи візуального моделювання (для імітаційного моделювання технічних

об'єктів); засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних (для імітаційного моделювання процесів в електроенергетичних системах); мобільні комп'ютерні математичні системи (на всіх етапах моделювання); мобільні комунікаційні засоби (для організації спільної діяльності з моделювання).

6. Провідними формами організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв є демонстрації, лабораторні роботи, лекції, ділові ігри, робота в парах та малих групах, проєктна форма та консультації; провідними методами використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів – лекційний, частково-пошуковий, проблемний, дослідницький, метод помилок, метод проєктів, метод демонстраційних прикладів, обчислювальний експеримент та програмування, а провідними засобами – мобільні комп'ютерні математичні системи, мобільні комунікаційні засоби, хмаро орієнтовані табличні процесори, системи візуального моделювання, мобільні засоби доповненої реальності, хмаро орієнтовані текстові редактори, мобільні системи автоматизованого проєктування, спеціалізовані системи для розрахунку електричних кіл, засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних.

Основні результати другого розділу опубліковано у роботах [54; 57; 152; 155; 157; 158; 159; 161; 165; 166; 168; 209].

### РОЗДІЛ 3

## ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ РОБОТИ

### 3.1 Завдання і зміст експериментальної роботи

Розробка й апробація теоретичних положень дисертаційного дослідження проходили у три етапи:

- 1) аналітико-констатувальний (2007-2011 рр.);
- 2) проєктувально-пошуковий (2012-2015 рр.);
- 3) формувально-узагальнювальний (2016-2018 рр.).

Завданням аналітико-констатувального етапу дослідження було вивчення існуючого стану навчання моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки, застосування мобільних інтернет-пристроїв як засобу навчання та виділення вихідних положень дослідження. Для реалізації поставлених завдань було проаналізовано науково-методичну літературу з використання мобільних ІКТ навчання, вітчизняний та зарубіжний досвід підготовки фахівців з електромеханіки, що надало можливість сформулювати актуальність дослідження та його гіпотезу. Розроблялися, перевірялися і удосконалювалися програми навчання, віртуальні лабораторії з моделювання технічних об'єктів та систем; вивчалися сучасні вітчизняні та зарубіжні методики використання ІКТ у підготовці бакалаврів електромеханіки; здійснювався теоретичний аналіз вітчизняної та зарубіжної психолого-педагогічної літератури для з'ясування ступеня вивченості та розробленості проблеми, проводився констатувальний етап педагогічного експерименту.

На проєктувально-пошуковому етапі дослідження було спроектовано та розроблено навчальний курс «Моделювання електромеханічних систем», дібрано мобільні інтернет-пристрої та програмні засоби навчання моделювання електромеханічних систем, розроблено модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів



електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

У статтях, що відносяться до даних етапів, було:

– схарактеризовано можливості Ulteo OVD як засобу віртуалізації десктопних програм для надання до них мобільного доступу [152];

– визначено структуру підготовки з моделювання бакалаврів електромеханіки [162];

– обґрунтовано доцільність використання системи Moodle як засобу підтримки процесу формування у майбутніх бакалаврів електромеханіки компетентностей з моделювання технічних об'єктів, проаналізовані існуючі засоби підтримки діяльності з моделювання технічних об'єктів та визначені шляхи їх інтеграції з системою Moodle, описано структуру та особливості програмної реалізації нового фільтру SageCell для системи Moodle [161; 168];

– показано зв'язок компетентності в моделюванні технічних об'єктів з іншими компетентностями бакалавра електромеханіки, її структуру та внесок складових у сформованість компетентності [167];

– розглянуто зарубіжний досвід підготовки фахівців з електромеханічної інженерії, виокремлено мехатроніку як інтегровану галузь інженерії та як новий напрям підготовки фахівців з електромеханіки, наведено базові вимоги до професійної підготовки фахівців з мехатроніки та вимоги до викладачів, показано роль комунікативної компетентності у підготовці фахівців з мехатроніки [164];

– розглянуті підходи до визначення компетентності бакалавра електромеханіки, запропоновано власну систему компетенцій, узагальнено результати експертного опитування із метою визначення внеску кожної із запропонованих компетенцій у формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів [163];

– визначено поняття мобільного інтернет-пристрою, запропоновано підходи до їх класифікації [156];

– розроблено модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних

об'єктів [166];

– у процесі розробки елементів методики використання мобільних електронних таблиць як засобу навчання нейромережевого моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки показано можливість та доцільність формування критичного мислення студентів [157].

Основні результати, отримані в процесі експериментальної роботи, відображені у статтях [152; 156; 157; 162; 163; 164; 167; 168] та доповідалися на Всеукраїнському науково-методичному Інтернет-семінарі «Хмарні технології в освіті» (м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 21 грудня 2012 року), VI Всеукраїнському науково-методичному семінарі «Комп'ютерне моделювання в освіті» (м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 12 квітня 2013 року), Міжнародних семінарах «Хмарні технології в освіті» СТЕ'2013 (м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 20 грудня 2013 р.) та СТЕ'2014 (м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 26 грудня 2014 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 20-22 травня 2015 року), VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні технології в освіті та науці» (м. Мелітополь, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 23-24 квітня 2015 року) та III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «Наукова молодь» (м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 10 грудня 2015 року).

На формувально-узагальнювальному етапі дослідження було розроблено методику використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів, проведено формувальний етап педагогічного експерименту; проаналізовано,

опрацьовано та узагальнено одержані результати експериментальної роботи; сформульовано загальні висновки та визначено перспективи подальших досліджень.

У статтях, що відносяться до даного етапу, було:

– наведено розроблену систему компетенцій бакалавра електромеханіки, зміст кожної компетенції, критерії та рівні сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів [160];

– розглянуто використання мобільних інтернет-пристроїв для забезпечення рівного доступу до освіти, зворотного зв'язку, персоналізації навчання та оцінювання результатів навчання [153; 154];

– визначено роль та місце технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання, а також можливості використання технології доповненої реальності у навчанні фізики, інженерної та комп'ютерної графіки та спеціальних дисциплін бакалаврів електромеханіки [78; 155; 158; 209];

– розглянуто засоби мобільного доступу до системи комп'ютерної математики Scilab, що можуть бути використані у навчанні моделювання технічних систем майбутніх бакалаврів електромеханіки [159];

– обґрунтовано доцільність використання системи моделювання Xcos on Web як засобу формування у майбутніх бакалаврів електромеханіки компетентностей з моделювання технічних об'єктів [57];

– визначено та обґрунтовано зміст міждисциплінарних компетенцій та компетенцій у моделюванні як компонентів фундаментальної та професійної підготовки бакалавра електромеханіки за новими стандартами вищої освіти [55];

– окреслено шляхи модернізації професійної підготовки бакалаврів електромеханіки на основі комплексного застосування засобів ІКТ [56];

– визначені мобільні засоби формування ІКТ-складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів [165].

Основні результати, отримані в процесі експериментальної роботи, відображені у статтях [55; 56; 57; 153; 154; 155; 158; 159; 160; 161; 165; 209] та доповідалися на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «Наукова молодь» (м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 15 грудня 2016 року), Всеукраїнських науково-практичних вебінарах «Організаційно-педагогічні умови створення електронних навчальних ресурсів для професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників машинобудівної галузі в інформаційно-освітньому середовищі ПТНЗ» (м. Кривий Ріг, Державний навчальний заклад «Криворізький центр професійної освіти металургії та машинобудування», 19 жовтня 2016 року) та «Модернізація професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників із використанням електронних навчальних ресурсів в інформаційно-освітньому середовищі ПТНЗ» (м. Кривий Ріг, Державний навчальний заклад «Криворізький центр професійної освіти металургії та машинобудування», 23 лютого 2017 року), 5th Workshop on Cloud Technologies in Education (СТЕ 2017) (м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 28 квітня 2017 року), Міжнародній науково-практичній конференції «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (м. Кропивницький, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, 19-20 травня 2017 року), Міжнародній науково-практичній конференції «Професійна педагогіка і андрагогіка: актуальні питання, досягнення та інновації» (м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 20-21 листопада 2017 року), V Всеукраїнській науково-практичній конференція молодих учених «Наукова молодь» (м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 14 грудня 2017 року), Міжнародній науково-методичній Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності» (м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 17-18 травня 2018 року), 1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018) (м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький

національний університет», 2 жовтня 2018 року), III Міжнародній науково-методичній конференції «Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу» «ІТМ\*плюс – 2018» (м. Суми, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 8–9 листопада 2018 року) та 1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2018) (м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 30 листопада 2018 року).

### **3.2 Аналіз результатів констатувального етапу педагогічного експерименту**

Із метою визначення внеску кожної з виділених компетенцій у формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів у квітні 2013 р. було проведено опитування експертів – провідних фахівців із підготовки бакалаврів електромеханіки за бланком опитування, наведеним у додатку Б.

Загальна кількість учасників опитування – 14 осіб, з яких 7 % – доктори наук, 43 % – кандидати наук, 50 % – старші викладачі випускових кафедр. 85 % опитаних мають значний досвід упровадження електромеханічних систем у виробничий процес підприємств гірничо-металургійного комплексу.

Опрацювання відповідей на перше питання опитування, спрямоване на визначення внеску кожної групи компетенцій у сформованість компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, показало, що внесок загальнопрофесійних та спеціалізовано-професійних компетенцій однаковий – по 35,3 % кожна група, у той час як внесок загальнонаукових – 29,4 %.

У групі загальнонаукових компетенцій провідне місце займають компетенції у прикладній математиці (рис. 3.1а), а серед загальнопрофесійних – критичне мислення (рис. 3.1б).

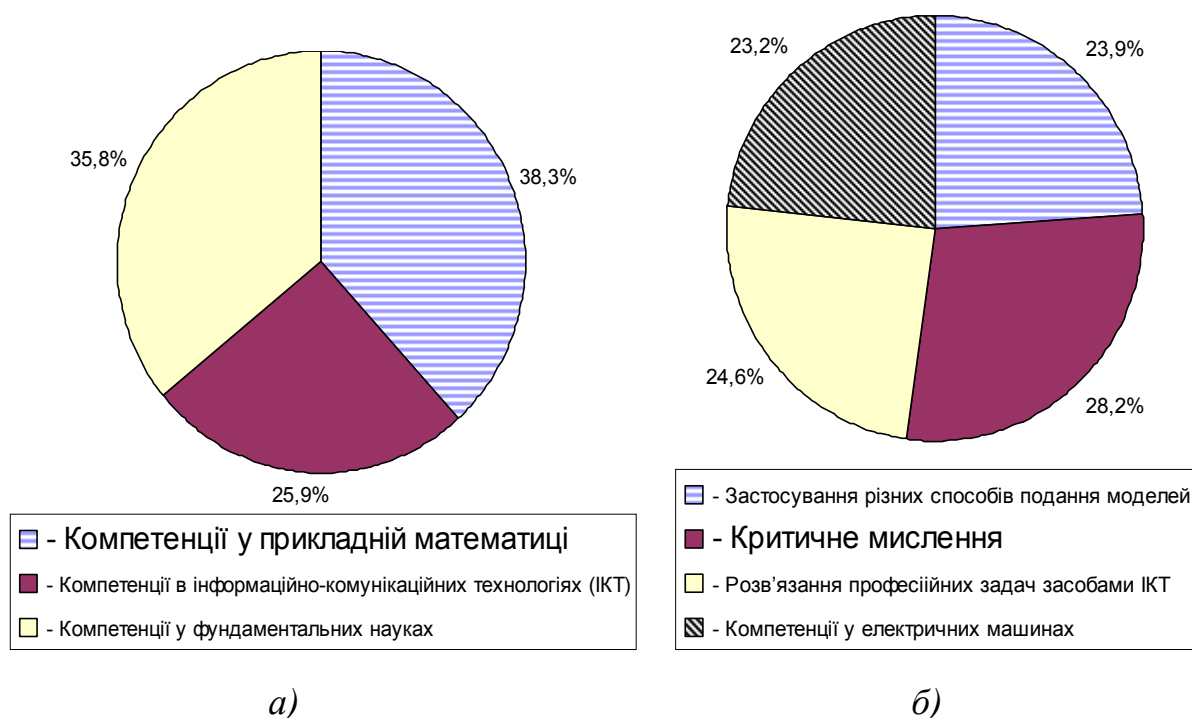


Рис. 3.1. Внесок загальнонаукових (а) та загальнопрофесійних (б) компетенцій у формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів

Усі експерти погоджуються із тим, що серед спеціалізовано-професійних компетенцій найбільший внесок (24,7 %) займають компетенції у моделюванні електромеханічних систем, у той час як кожна із споріднених компетенцій інженера-електроенергетика займає у середньому 18,8 % (рис. 3.2).

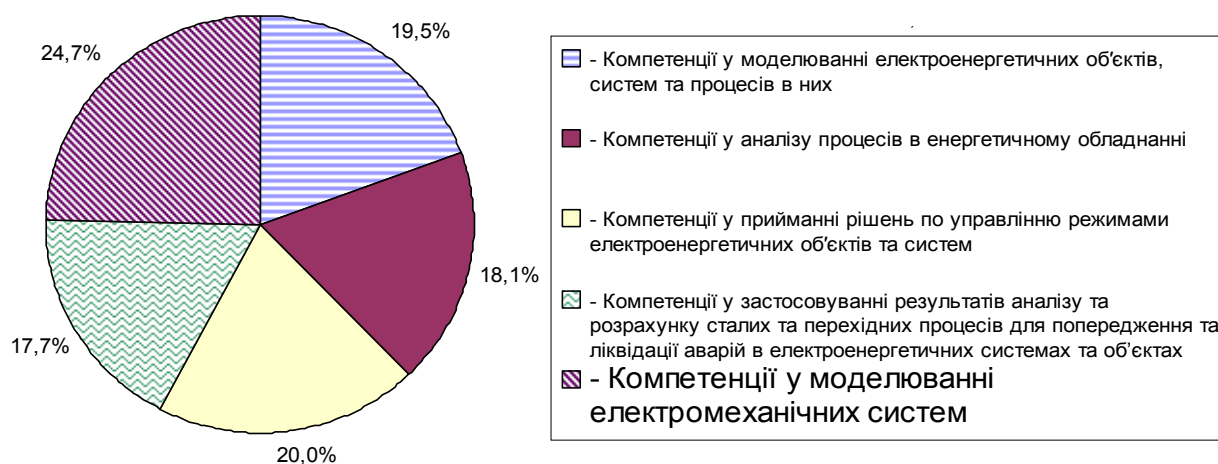


Рис. 3.2. Внесок спеціалізовано-професійних компетенцій у формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів

Результати опитування надали можливість визначити внесок кожної компетенції у систему компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Внесок компетенцій у формування компетентності бакалавра  
електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Група	Компетенція	Внесок
загально-наукові	компетенції у прикладній математиці	38,3%
	компетенції в інформаційно-комунікаційних технологіях	25,9%
	компетенції у фундаментальних науках	35,8%
загально-професійні	застосування різних способів подання моделей	23,9%
	критичне мислення	28,2%
	розв'язання професійних задач засобами ІКТ	24,6%
	компетенції в електричних машинах	23,2%
спеціалізовано-професійні	компетенції у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів у них	19,5%
	компетенції з аналізу процесів в енергетичному обладнанні	18,1%
	компетенції у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем	20,0%
	компетенції у застосовуванні результатів аналізу й розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження і ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах	17,7%
	компетенції у моделюванні електромеханічних систем	24,7%

Відповідно до визначених у п. 1.2 критеріїв, з метою побудови інтегрального показника, що відображає рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки у моделюванні технічних об'єктів, необхідним є визначення кількісних показників, що відобразатимуть сформованість кожної з відповідних компетентностей. Для спрощення вважатимемо внесок кожного із компонентів (когнітивного, праксеологічного, аксіологічного та інформаційно-комунікативного) компетентності однаковим та рівним  $\frac{1}{4}$ . Тоді числове значення рівня сформованості компетентності можна визначити у такий спосіб:

$$L_m = \frac{1}{4}(L_{mK} + L_{m\Pi} + L_{mA} + L_{mC}),$$

де  $L_m$  – рівень сформованості  $m$ -тої компетентності (0–3);

$L_{mK}$  – рівень сформованості когнітивної компоненти  $m$ -тої

компетентності (0 – рівень несформованості, 1 – низький, 2 – середній, 3 – високий);

$L_{mП}$  – рівень сформованості праксеологічної компоненти  $m$ -тої компетентності (0 – рівень несформованості, 1 – низький, 2 – середній, 3 – високий);

$L_{mA}$  – рівень сформованості аксіологічної компоненти  $m$ -тої компетентності (0 – рівень несформованості, 1 – низький, 2 – середній, 3 – високий);

$L_{mC}$  – рівень сформованості інформаційно-комунікативної компоненти  $m$ -тої компетентності (0 – рівень несформованості, 1 – низький, 2 – середній, 3 – високий).

Інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів визначатимемо за формулою:

$$L = 1/100 (\%_{\text{ЗН}}L_{\text{ЗН}} + \%_{\text{ЗП}}L_{\text{ЗП}} + \%_{\text{СП}}L_{\text{СП}}),$$

де  $\%_{\text{ЗН}}$  – внесок загальнонаукових компетенцій у сформованість компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання (29,4);

$\%_{\text{ЗП}}$  – внесок загальнопрофесійних компетенцій у сформованість компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання (35,3);

$\%_{\text{СП}}$  – внесок спеціалізовано-професійних компетенцій у сформованість компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання (35,3).

Множник 1/100 застосований для приведення відсоткової частки до одиничної.

$L_{\text{ЗН}}$ ,  $L_{\text{ЗП}}$ ,  $L_{\text{СП}}$  – рівні сформованості загальнонаукової, загальнопрофесійної та спеціалізовано-професійної складових компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів визначаються у такий спосіб:



$$L_{3H} = 1/100 (\%_{3H1}L_{3H1} + \%_{3H2}L_{3H2} + \%_{3H3}L_{3H3}),$$

$$L_{3П} = 1/100 (\%_{3П1}L_{3П1} + \%_{3П2}L_{3П2} + \%_{3П3}L_{3П3} + \%_{3П4}L_{3П4}),$$

$$L_{СП} = 1/100 (\%_{СП1}L_{СП1} + \%_{СП2}L_{СП2} + \%_{СП3}L_{СП3} + \%_{СП4}L_{СП4} + \%_{СП5}L_{СП5}),$$

де  $\%_{3Hi}$  – внесок  $i$ -тої загальнонаукової компетенції у сформованість загальнонаукової складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання ( $i = 1, \dots, 3$ );

$\%_{3Пj}$  – внесок  $j$ -тої загальнопрофесійної компетенції у сформованість загальнопрофесійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання ( $j = 1, \dots, 4$ );

$\%_{СПk}$  – внесок  $k$ -тої спеціалізовано-професійної компетенції у сформованість спеціалізовано-професійної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, визначений за результатами експертного оцінювання ( $k = 1, \dots, 5$ ).

Значення  $i$ ,  $j$  та  $k$  відповідають групам у таблиці 3.1, перша з яких містить 3 компетенції, друга – 4, та третя – 5.

$L_{3Hi}$ ,  $L_{3Пj}$  та  $L_{СПk}$  – рівні сформованості відповідно  $i$ -тої загальнонаукової,  $j$ -тої загальнопрофесійної та  $k$ -тої спеціалізовано-професійної компетенцій – визначаються аналогічно до  $L_m$ .

### **3.3 Статистичне опрацювання та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту**

Ураховуючи, що процес формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів розпочинається із самого початку навчання, для перевірки, чи існують статистично значущі відмінності у розподілі студентів контрольних та експериментальних груп до початку формувального етапу педагогічного експерименту, використовувались дані вступних випробувань різних років (табл. 3.2). До експериментальних груп (ЕГ) були включені студенти напряму підготовки

6.050702 «Електромеханіка» (та відповідної спеціальності) Національної металургійної академії України (Криворізького металургійного факультету, Криворізького металургійного інституту – КМІ), які навчалися за розробленою методикою із системним використанням мобільних інтернет-пристроїв, а до контрольних (КГ) – студенти Криворізького технічного університету (Криворізького національного університету – КНУ), які навчались за традиційною методикою, що не передбачала системного використання мобільних інтернет-пристроїв.

Таблиця 3.2

**Розподіл студентів КГ та ЕГ різних років вступу за рівнями навчальних досягнень до початку формувального етапу педагогічного експерименту**

Рік	Рівень	КГ, студентів	КГ, %	ЕГ, студентів	ЕГ, %
2009	низький	42	22,22	102	29,23
	середній	131	69,31	214	61,32
	високий	16	8,47	33	9,46
	<i>разом</i>	<i>189</i>	<i>100</i>	<i>349</i>	<i>100</i>
2010	низький	35	16,36	37	15,10
	середній	146	68,22	185	75,51
	високий	33	15,42	23	9,39
	<i>разом</i>	<i>214</i>	<i>100</i>	<i>245</i>	<i>100</i>

На рис. 3.3, 3.4 показано порівняльний розподіл студентів контрольних та експериментальних груп 2009 та 2010 років вступу.

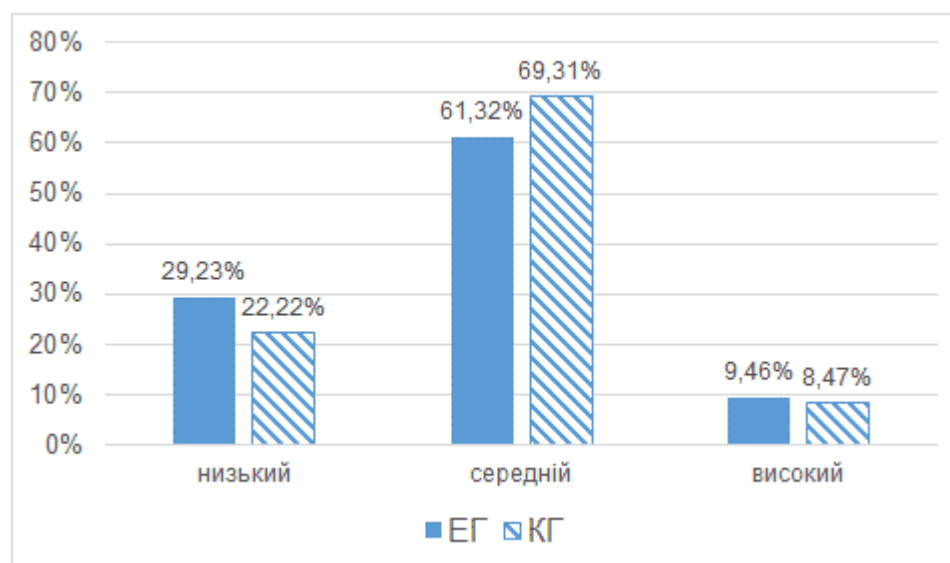


Рис. 3.3. Порівняльний розподіл студентів КГ та ЕГ 2009 року вступу

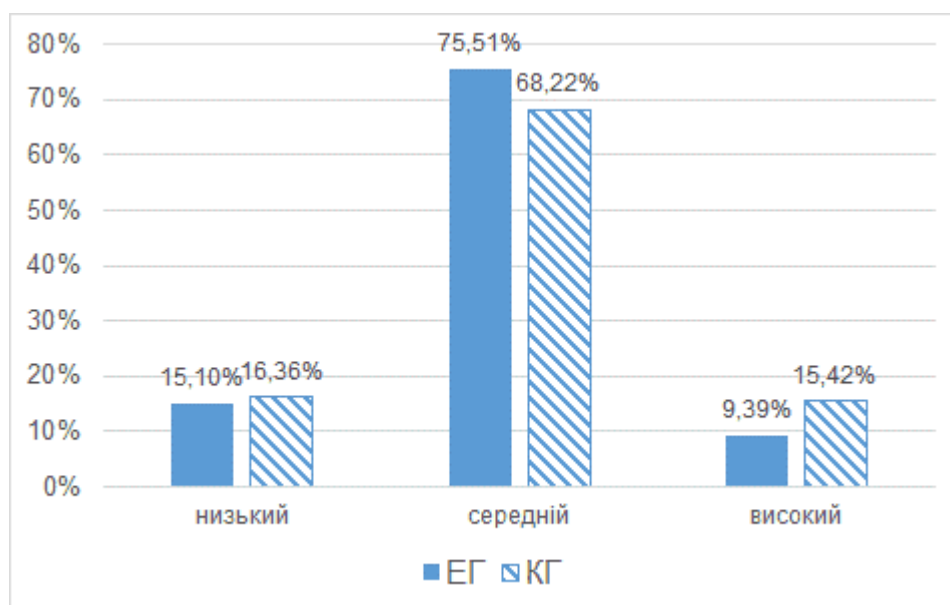


Рис. 3.4. Порівняльний розподіл студентів КГ та ЕГ 2010 року вступу

Незважаючи на те, що у різні роки вступу використовувались різні границі балів для визначених рівнів, необхідною була перевірка відмінностей як між розподілами одного року вступу, так й різних років.

Ураховуючи, що:

- а) в кожній виборці більше 50 вступників;
  - б) рівні впорядковані за зростанням ознаки (від низького до високого);
  - в) необхідним є порівняння двох емпіричних розподілів,
- згідно рекомендацій О. В. Сидоренко [194] було обрано критерій Колмогорова-Смірнова.

Сформулюємо статистичні гіпотези:

$H_0$ : Емпіричні розподіли студентів контрольної та експериментальної груп не розрізняються.

$H_1$ : Емпіричні розподіли студентів контрольної та експериментальної груп розрізняються.

Застосуємо ці гіпотези до порівняння:

- 1) КГ та ЕГ 2009 року вступу;
- 2) КГ та ЕГ 2010 року вступу;
- 3) КГ 2009 та 2010 років вступу;

4) ЕГ 2009 та 2010 років вступу.

Для першого випадку обчислене значення  $\lambda = 0,776 < \lambda_{крит(0,05)} = 1,36$ , тому приймаємо нульову гіпотезу.

Для другого випадку обчислене значення  $\lambda = 0,645 < \lambda_{крит(0,05)} = 1,36$ , тому приймаємо нульову гіпотезу.

Для третього випадку обчислене значення  $\lambda = 0,697 < \lambda_{крит(0,05)} = 1,36$ , тому приймаємо нульову гіпотезу.

Для четвертого випадку обчислене значення  $\lambda = 1,695 > \lambda_{крит(0,01)} = 1,63$ , тому відхиляємо нульову гіпотезу.

Аналогічні обчислення, проведені для розподілів студентів контрольних та експериментальних груп інших років вступу, надають можливість зробити висновок про те, що емпіричні розподіли студентів контрольної та експериментальної груп одного року вступу не розрізняються. У зв'язку з цим формувальний етап педагогічного експерименту проводився як паралельний експеримент із порівнянням результатів студентів лише одного року вступу, обраного у такий спосіб, щоб основна експериментальна робота була завершена у 2016-2018 рр. До таких груп були включені студенти, які вступили у 2012, 2013 та 2014 рр. відповідно до КМІ та КНУ (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

### Склад КГ та ЕГ на формувальному етапі педагогічного експерименту

Рік вступу	КГ		ЕГ	
	Шифр групи	Кількість студентів	Шифр групи	Кількість студентів
2012	ЕМ-12-1 ЕМ-12-2	63	ЕМ-12-3	16
2013	ЕМ-13-1 ЕМ-13-2 ЕМ-14-1ск	51	ЕМ-13-3 ЕМ-14-2ск	14
2014	ЕПА-14 ЕМО-14 ЕТ-14 ЕПА-15ск	36	ЕПА-14-1 ЕПА-15-1ск	21
<i>Разом</i>		<i>150</i>		<i>51</i>

У табл. 3.4 подано результати формувального етапу педагогічного

експерименту та їх опрацювання за обраним методом. Максимальне відхилення накопичених частот складає  $d_{max} = 0,283922$ . Йому відповідає

$$\lambda = d_{max} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} = 0,283922 \sqrt{\frac{150 \cdot 51}{150 + 51}} = 1,751587 > \lambda_{крит(0,01)} = 1,63.$$

Таблиця 3.4

**Розподіл студентів контрольних та експериментальних груп за рівнями сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів**

Рівень	Студентів		Відсотки		Накопичені частоти		Модуль різниці
	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ	
низький	42	2	28,00	3,92	0,28	0,039216	0,240784
середній	80	25	53,33	49,02	0,813333	0,529412	<b>0,283922</b>
високий	28	24	18,67	47,06	1	1	0
<i>разом</i>	<i>150</i>	<i>51</i>	<i>100</i>	<i>100</i>			

Це означає, що у розподілах студентів контрольних та експериментальних груп за рівнями сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів (рис. 3.5) наявні статистично значущі відмінності.

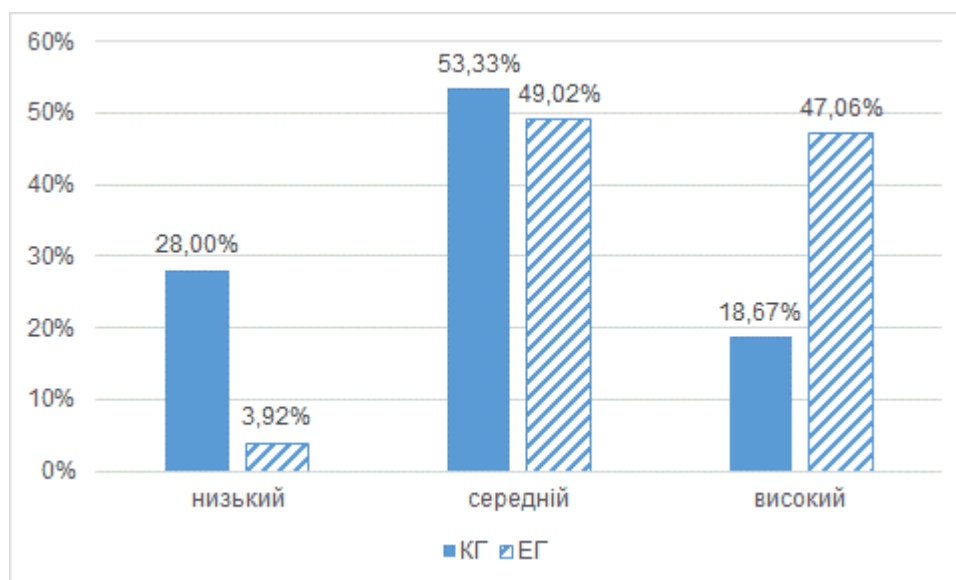


Рис. 3.5. Розподіл студентів КГ та ЕГ за рівнями сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів після завершення формувального етапу педагогічного експерименту

Із табл. 3.4 можна побачити, що серед перелічених рівнів відсутній рівень несформованості. Це пов'язано із тим, що кількість студентів на цьому рівні як в КГ, так й в ЕГ була менше 5, що зумовило об'єднання двох рівнів – рівня несформованості з низьким рівнем.

Виходячи з того, що в експериментальній групі була застосована розроблена методика використання мобільних інтернет-пристроїв, можна зробити висновок, що саме це було фактором підвищення рівня сформованості їхньої компетентності в моделюванні технічних об'єктів, а, отже, гіпотеза дослідження є доведеною.

### **Висновки до розділу 3**

1. Опрацювання результатів експертного опитування, спрямоване на визначення внеску кожної складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів у її сформованість, показало, що внесок загальнопрофесійних та спеціалізовано-професійних компетенцій однаковий – по 35,3 % кожна група, у той час як внесок загальнонаукових – 29,4 %. Серед загальнонаукових компетенцій провідною є компетенція у прикладній математиці, серед загальнопрофесійних – критичне мислення, а серед спеціалізовано-професійних – компетенції у моделюванні електромеханічних систем.

2. У формульованому етапі педагогічного експерименту взяли участь 201 студент спеціальності «Електромеханіка»: контрольна група – 150 студентів Криворізького національного університету, що навчались за традиційною методикою, яка не передбачала системного використання мобільних інтернет-пристроїв, а експериментальна група – 51 студент Національної металургійної академії України, що навчались за розробленою методикою використання мобільних інтернет-пристроїв у процесі навчання бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

Опрацювання результатів експериментальної роботи виконувалось із застосуванням критерію Колмогорова-Смірнова. Встановлено, що до початку

формульованого етапу педагогічного експерименту у розподілах студентів контрольних та експериментальних груп одного року вступу за результатами вступних випробувань не існує статистично значущих відмінностей.

Після завершення формульованого етапу педагогічного експерименту було діагностовано інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та виконано порівняння розподілів студентів контрольних та експериментальних груп за рівнями. Встановлено статистично значущі на рівні 0,99 відмінності у розподілах студентів контрольних та експериментальних груп ( $\lambda = 1,752 > \lambda_{\text{крит}}(0,01) = 1,63$ ).

Виходячи з того, що в експериментальній групі була застосована розроблена методика використання мобільних інтернет-пристроїв, можна зробити висновок, що саме це було фактором підвищення рівня сформованості їхньої компетентності в моделюванні технічних об'єктів, а, отже, гіпотеза дослідження є доведеною.

## ВИСНОВКИ

Отримані результати дослідження дають підстави зробити такі **висновки**:

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування й нове вирішення проблеми розробки та впровадження методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів.

1. Аналіз досвіду професійної підготовки бакалаврів електромеханіки в Україні та за кордоном надав можливість визначити, що однією із провідних тенденцій її модернізації є синергія механічної, електричної, електронної інженерії та автоматизації в мехатроніці з метою проектування, виготовлення, експлуатації та технічного обслуговування електромеханічного обладнання. Навчання мехатроніки передбачає змістову інтеграцію різних дисциплін професійно-практичної підготовки бакалаврів електромеханіки на основі концепції моделювання та технологічну інтеграцію різних форм організації та методів навчання на основі концепції мобільності. За такого підходу провідними засобами навчання бакалаврів електромеханіки стають мобільні інтернет-пристрої – мультимедійні мобільні пристрої, що надають бездротовий доступ до інформаційно-комунікаційних інтернет-послуг зі збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних. У роботі розкрито основні можливості використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні для забезпечення рівного доступу до освіти, персоналізації навчання, миттєвого зворотного зв'язку й оцінки результатів навчання, організації мобільного навчання, ефективного використання часу в навчальних аудиторіях, формування мобільних навчальних спільнот, підтримки ситуаційного навчання, розвитку неперервного „безшовного” навчання, забезпечення зв'язку між формальним і неформальним навчанням, мінімізації наслідків руйнування освітнього процесу в зонах військових



конфліктів або стихійних лих, допомоги в навчанні особам з особливими освітніми потребами, підвищення якості комунікації та управління навчальним закладом і максимізації ефективності його витрат.

2. Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів – це особистісно-професійне утворення, яке включає систему знань, умінь, навичок, досвід діяльності з моделювання мехатронних систем та позитивне ціннісне ставлення до неї й виявляється в готовності та здатності до застосування методів та програмно-апаратних засобів моделювання для аналізу процесів, синтезу систем, оцінки їх надійності та ефективності для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

Структуру компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів відображено в трьох групах компетенцій: загальнонаукових (у прикладній математиці; в ІКТ; у фундаментальних науках), загальнопрофесійних (застосування різних способів подання моделей; критичне мислення; розв'язання професійних задач засобами ІКТ; в електричних машинах) та спеціалізовано-професійних (у моделюванні електроенергетичних об'єктів, систем та процесів в них; в аналізі процесів в енергетичному обладнанні; у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем; у застосуванні результатів аналізу та розрахунку сталих і перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах; у моделюванні електромеханічних систем).

Визначений у матрицях компетентностей зміст кожної компетенції дозволив розробити критерії оцінювання їх сформованості за когнітивним, праксеологічним, аксіологічним та інформаційно-комунікативним компонентами на рівнях несформованості, низькому, середньому та високому.

3. Модель процесу використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів побудована на основі компетентнісного, системного, міждисциплінарного,

модельного та діяльнісного підходів та складається із трьох блоків: цільового, що конкретизує мету – формування компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів; змістово-технологічного, що відображає зв'язок змісту навчання із формуванням окремих складників компетентності та технологією використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів (системою із форм організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв, методів їх використання та засобів мобільних ІКТ); та діагностично-результатного, що містить критерії оцінювання, показники, рівні сформованості та засоби діагностики компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів.

4. Реалізацією технології використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів є відповідна методика використання, складниками якої є часткові методики використання мобільних інтернет-пристроїв у формуванні загальнонаукового, загальнопрофесійного та спеціалізовано-професійного складників компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів, розкриті на прикладі навчальних дисциплін „Вища математика”, „Обчислювальна техніка та програмування”, „Інженерна та комп'ютерна графіка”, „Теоретична механіка”, „Електричні машини”, „Теорія автоматичного управління”, „Моделювання електромеханічних систем”, „Теоретичні основи електротехніки”, „Теорія електропривода”.

Провідними формами організації освітнього процесу з використанням мобільних інтернет-пристроїв є демонстрації, лабораторні роботи, лекції, ділові ігри, робота в парах та малих групах, проєктна форма та консультації; провідними методами використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів – лекційний, частково-пошуковий, проблемний, дослідницький, метод помилок, метод проєктів, метод демонстраційних прикладів, обчислювальний експеримент та програмування, а провідними засобами – мобільні комп'ютерні математичні

системи (універсальні засоби, що використовуються на всіх етапах навчання моделювання), мобільні комунікаційні засоби (для організації спільної діяльності з моделювання), хмаро орієнтовані табличні процесори (як засоби моделювання, включно з нейромережевим), системи візуального моделювання (для структурного моделювання технічних об'єктів), мобільні засоби доповненої реальності (для візуалізації структури об'єктів та результатів моделювання), хмаро орієнтовані текстові редактори (для програмного опису моделей), мобільні системи автоматизованого проєктування (для створення та для перегляду фізичних властивостей моделей технічних об'єктів), спеціалізовані системи (для розрахунку електричних кіл), засоби моделювання диспетчерського управління та збору даних (для імітаційного моделювання процесів в електроенергетичних системах).

5. З метою перевірки ефективності методики використання мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів було проведено педагогічний експеримент, на формульовальному етапі якого 150 студентів-електромеханіків навчались за традиційною методикою, яка не передбачала системного використання мобільних інтернет-пристроїв (контрольна група), а 51 студент-електромеханік навчався за розробленою методикою (експериментальна група).

Із застосуванням критерію Колмогорова-Смирнова встановлено, що до початку формульовального етапу педагогічного експерименту в розподілах студентів контрольних та експериментальних груп одного року вступу за результатами вступних випробувань не існує статистично значущих відмінностей. Після завершення формульовального етапу педагогічного експерименту діагностовано інтегральний рівень сформованості компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів та встановлено статистично значущі на рівні 0,99 відмінності в розподілах студентів контрольних та експериментальних груп

$(\lambda = 1,752 > \lambda_{\text{крит}(0,01)} = 1,63)$ .

Ураховуючи, що в експериментальній групі було застосовано розроблену методику використання мобільних інтернет-пристроїв, можна зробити висновок, що саме її упровадження стало чинником підвищення рівня сформованості їхньої компетентності в моделюванні технічних об'єктів, а отже, гіпотеза дослідження є доведеною.

Виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів аналізованої проблеми. Подальші наукові пошуки її розв'язання доцільні за такими напрямками: застосування засобів доповненої реальності в навчанні майбутніх фахівців з мехатроніки; віртуалізація середовища професійно-практичної підготовки майбутніх фахівців з мехатроніки; SCADA-системи як засіб навчання бакалаврів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 15 Best School Management Software in 2018 - Get Free Demo Now [Electronic resource]. – 2018. – Access mode : <https://www.softwaresuggest.com/school-management-software>.
- 2 ABET | ABET Accreditation [Electronic resource] / ABET. – Baltimore, 2011-2013. – Access mode : <http://www.abet.org/>
- 3 Al-Mashaqbeh I. The Adoption of Tablet and e-Textbooks: first grade core curriculum and school administration attitude / Ibtesam Al-Mashaqbeh, Muneera Al Shurman // Journal of Education and Practice. – 2015. – Vol. 6. – No. 21. – P. 188-194.
- 4 Asif M. Scilab Textbook Companion for Special Electrical Machines by S. P. Burman [Electronic resource] / Mohd. Asif, Mohd. Rijwan ; cross-checked by Lavitha Pereira. – May 29, 2016. – 107 p. – Access mode : [https://scilab.in/textbook\\_companion/generate\\_book/1892](https://scilab.in/textbook_companion/generate_book/1892).
- 5 AutoCAD - DWG Viewer & Editor [Electronic resource] / Autodesk Inc. – 2018. – Access mode : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.autodesk.autocadws>.
- 6 AutoCAD - DWG Viewer & Editor [Electronic resource] / Autodesk Inc. – 2018. – Access mode : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.autodesk.autocadws>.
- 7 Baloch H. Z. Mobile Collaborative Informal Learning Design: Study of Collaborative Effectiveness Using Activity Theory [Electronic resource] / Hasnain Zafar Baloch, Aziziah Abdulrhaman, Noorminshah A Ihad // International Journal of Interactive Mobile Technologies. – 2012. – Vol. 6. – Issue 3 (July). – P. 34-41. – Access mode : <http://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/2090/2280>.
- 8 Becker M. Competence matrix for the sector electronics / electrical engineering [Electronic resource] / Matthias Becker. – Flensburg, June 2009. – 16 p. – Access mode : <http://www.biat.uni->

flensburg.de/biat/Projekte/VQTS-II/WP2-VQTS-Competence-Matrix-Electrician-II\_EN.pdf.

- 9 Binsaleh S. Mobile Learning: What Guidelines Should We Produce in the Context of Mobile Learning Implementation in the Conflict Area of the Four Southernmost Provinces of Thailand / Sariya Binsaleh, Muazzan Binsaleh // Asian Social Science. – 2013. – Vol. 9. – No. 13. – P. 270-281. – DOI : 10.5539/ass.v9n13p270.
- 10 BridgingApps | Apps for Special Needs [Electronic resource] / BridgingApps. – 2019. – Access mode : <http://bridgingapps.org/>.
- 11 Burman S. P. Special Electrical Machines / Simmy P. Burman. – New Delhi : S. K. Kataria & Sons, 2012. – XIV, 245 p.
- 12 Caudell T. P. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes / T. P. Caudell, D. W. Mizell // Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences. January 7-10, 1992. Kauai, Hawaii. Volume 2: Software Technology Track / Edited by Jay F. Nunamaker, Jr. and Ralph H. Sprague, Jr. – Los Alamitos : IEEE Computer Society Press, 1992. – P. 659-669.
- 13 CeCILL FREE SOFTWARE LICENSE AGREEMENT. Version 2.1 [Electronic resource]. – 2013-06-21. – Access mode : [http://www.cecill.info/licences/Licence\\_CeCILL\\_V2.1-en.html](http://www.cecill.info/licences/Licence_CeCILL_V2.1-en.html)
- 14 Celular Con uso Académico (BlueGénesis) [Electronic resource] / Edwin Guaman. – 2015. – Access mode : <http://bluegenesiscelular.blogspot.com/>
- 15 Chieng D. Mobile Internet Devices / David Chieng // HardwareMAG (Singapore). – 2007. – September. – P. 106-115.
- 16 Cieutat J.-M. Active Learning based on the use of Augmented Reality Outline of Possible Applications: Serious Games, Scientific Experiments, Confronting Studies with Creation, Training for Carrying out Technical Skills [Electronic resource] / Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 46. – No 20, May. – P. 31-36. – Access mode : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal->

- 00739730/document.
- 17 Criteria for Accrediting Engineering Technology Programs : Effective for Reviews During the 2014-2015 Accreditation Cycle. Incorporates all changes approved by the ABET Board of Directors as of October 26, 2013. – Baltimore : ABET, 2013. – 28 p.
  - 18 Dahya N. Education in Conflict and Crisis: How Can Technology Make a Difference?: A Landscape Review [Electronic resource] / Negin Dahya. – Bohn : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2016. – 68 p. – Access mode : [https://www.giz.de/de/downloads/giz2016\\_en\\_Landscape\\_Review\\_ICT\\_in\\_Conflict\\_and\\_Crisis.pdf](https://www.giz.de/de/downloads/giz2016_en_Landscape_Review_ICT_in_Conflict_and_Crisis.pdf).
  - 19 de Waard I. I. MobiMOOC: using a mobile MOOC to increase educational quality for a diversity of learners through dialogue and ubiquity [Electronic resource] / Inge Ignatia de Waard // UNESCO Mobile Learning Week. – Paris, 18-22 February 2013. – 15 p. – Access mode : <http://www.unesco.org/new/en/unesco/themes/icts/m4ed/unesco-mobile-learning-week/speakers/inge-ignatia-de-waard>.
  - 20 Detail for CIP Code 15.0403 [Electronic resource] / Institute of Education Sciences, National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education // CIP user site. – [Washington], [2010?]. – Access mode : <http://nces.ed.gov/ipeds/cipcode/cipdetail.aspx?y=55&cip=15.0403>.
  - 21 Dixit U. S. Mechatronics Education / Uday Shanker Dixit // Mechanical Engineering Education / Edited by J. Paulo Davim. – London : ISTE ; Hoboken : John Wiley & Sons, 2012. – P. 61-106.
  - 22 Electrical Engineer Job Description. Job Group: Engineering [Electronic resource] / Human Resource Systems Group Ltd. – 2013. – 6 p. – Access mode : <http://ccjournals.eu/materials/ee.pdf>.
  - 23 Electromechanical Engineering Technology Program Standard : The approved program standard for all Electromechanical Engineering Technology programs of instruction leading to an Ontario College Advanced

- Diploma delivered by Ontario Colleges of Applied Arts and Technology (MTCU funding code 61021) / Ontario Ministry of Training, Colleges and Universities. – Toronto, 2003. – 48 p.
- 24 Fernando N. Mobile cloud computing: A survey / Niroshinie Fernando, Seng W. Loke, Wenny Rahayu // *Future Generation Computer Systems*. – 2013. – Vol. 29. – Issue 1. – P. 84-106. – DOI : 10.1016/j.future.2012.05.023.
  - 25 Fiorentino M. Tangible Interfaces for Augmented Engineering Data Management [Electronic resource] / Michele Fiorentino, Giuseppe Monno, Antonio E. Uva // *Augmented Reality* / Edited by Soha Maad. – IntechOpen, 2010. – P. 113-128. – Access mode : <https://cdn.intechopen.com/pdfs/6762.pdf>.
  - 26 Fraser C. J. An educational perspective on applied mechatronics / C. J. Fraser, J. S. Milne, G. M. Logan. – *Mechatronics*. – 1993. – Volume 3. – Issue 1 (February). – P. 49-57. – DOI : 10.1016/0957-4158(93)90037-3.
  - 27 Free Software for Students & Educators | AutoCAD Electrical | Autodesk [Electronic resource] / Autodesk. – 2018. – Access mode : <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad-electrical>.
  - 28 Fusion 360 [Electronic resource] / Autodesk Inc. – 2018. – Access mode : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.autodesk.fusion>.
  - 29 GitHub - androportal/APL-apk: Aakash Programming Lab(APL). Provides programming environment for C, C++, Python and Scilab [Electronic resource]. – 6 Feb. 2013. – Access mode : <https://github.com/androportal/APL-apk>.
  - 30 GNURoot Debian – Програми Android у Google Play [Electronic resource] / Corbin Champion // Google Play / Google. – 3 серпня 2018 року. – Access mode : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gnuroot.debian&hl=uk>.
  - 31 Google Документи [Електронний ресурс] / Google LLC // Google Play. – 2018. – Режим доступу : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.docs.e>



- ditors.docs.
- 32 Google Таблиці [Електронний ресурс] / Google LLC // Google Play. – 2018. – Режим доступу : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.docs.editors.sheets>.
- 33 Hagan M. T. Neural Network Design (2nd Edition) [Electronic resource] / Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Beale, Orlando De Jesús. – [2014?]. – 1012 p. – Access mode : <http://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf>.
- 34 Hager P. J. Formal Learning / Paul J. Hager // Encyclopedia of the Sciences of Learning : With 312 Figures and 68 Tables / Editor Norbert M. Seel. – New York, Dordrecht, Heidelberg, London : Springer, 2012. – P. 1314-1316.
- 35 Hager P. J. Informal Learning / Paul J. Hager // Encyclopedia of the Sciences of Learning : With 312 Figures and 68 Tables / Editor Norbert M. Seel. – New York, Dordrecht, Heidelberg, London : Springer, 2012. – P. 1557-1559.
- 36 Hanson M. Teaching mechatronics at tertiary level / M. Hanson. – Mechatronics. – 1994. – Volume 4. – Issue 2 (March) : Special Issue Mechatronics in Sweden. – P. 217-225. – DOI : 10.1016/0957-4158(94)90045-0.
- 37 History | [www.scilab.org](http://www.scilab.org) [Electronic resource] / ESI Group. – 2018. – Access mode : <https://www.scilab.org/about/company/history>.
- 38 Home Page | [www.scilab.org](http://www.scilab.org) [Electronic resource] / ESI Group. – 2018. – Access mode : <http://www.scilab.org/>.
- 39 Idrus M. R. The Mobile Learning Flipped Classroom [Electronic resource] / Rozhan M. Idrus // Recent Advances in Education and Educational Technology : Proceedings of the 14th International Conference on Education and Educational Technology (EDU'15). Kuala Lumpur, Malaysia. April 23-25, 2015 / Editor Kleantis Psarris. – WSEAS Press, 2015. – P. 65-68. – (Educational Technologies Series; 16). – Access mode : <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2015/Malaysia/EDU/EDU-10.pdf>.
- 40 IEC 60050-192. International electrotechnical vocabulary – Part 192:

- Dependability / International Electrotechnical Commission. – Edition 1.0. – 26.02.2015. – 256 p. – (International standard).
- 41 IEC 60050-351. International electrotechnical vocabulary – Part 351: Control technology : Horizontal standard / International Electrotechnical Commission. – Edition 4.0. – 25.11.2013. – 457 p. – (International standard).
- 42 Inria, the French research institute for digital sciences [Electronic resource]. – [2019]. – Access mode : <https://www.inria.fr/en/>.
- 43 Intelligent Campus: A Research Report from Center for Digital Education [Electronic resource]. – 2014. – Issue 2. – 36 p. – Access mode : <https://www.nyu.edu/content/dam/nyu/globalTechnology/misc/Intelligent%20Campus.pdf>.
- 44 Kinshuk. Adaptivity and Personalization in Mobile Learning / Kinshuk, Maiga Chang, Sabine Graf, Guangbing Yang // Technology, Instruction, Cognition and Learning. – 2010. – Vol. 8. – Issue 2. – P. 163-174.
- 45 Krause P. C. Analysis of Electrical Machinery and Drive Systems. Second Edition / Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk, Scott D. Sudhoff // New York : IEEE Press, 2002. – xvi, 613, [1] p. – (IEEE Series on Power Engineering).
- 46 Love P. Anatomy of a Google Sheets Project (Building a Payroll Entry Application with Google Sheets) / Paul Love. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. – 52 p.
- 47 Madejski R. Simulation of three-phase induction motor in Scilab [Electronic resource] / Madejski Rafał // ARSA – Proceedings in ARSA – Advanced Research in Scientific Areas. – 2012. – Vol. 1. – Iss. 1. – P. 1849-1852. – Access mode : <http://www.arsa-conf.com/archive/?vid=1&aid=2&kid=60101-256>.
- 48 Market share of mobile operating systems in Ukraine from 2010 to 2018 [Electronic resource] / Statista. – 2018. – Access mode : <https://www.statista.com/statistics/669506/market-share-mobile-operating-systems-ukraine>.
- 49 Martin-Gutierrez J. Improving strategy of self-learning in engineering:

- laboratories with augmented reality / Jorge Martin-Gutierrez, Egils Guinters, David Perez-Lopez // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2012. – Volume 51. – P. 832-839. – (The World Conference on Design, Arts and Education (DAE-2012), May 1-3 2012, Antalya, Turkey). – DOI : 10.1016/j.sbspro.2012.08.249.
- 50 Microsoft Excel [Електронний ресурс] / Microsoft Corporation // Google Play. – 2018. – Режим доступу : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microsoft.office.excel>.
- 51 Milgram P. A taxonomy of mixed reality visual displays / Paul Milgram, Fumio Kishino // *IEICE Transactions on Information Systems*. – 1994. – Vol. E77-D. – No. 12, December. – P. 1321-1329.
- 52 Mobile Learning Week 2017 [Electronic resource] / UNESCO. – 2017. – Access mode : <http://en.unesco.org/events/mobile-learning-week-2017>.
- 53 Mobile Phone Project: 2012. Integrating Deaf and Hearing Children in Ugandan Primary Schools [Electronic resource]. – Access mode : <https://web.archive.org/web/20150801011016/http://www.cambridgetoafrica.org/resources/mobilephoneproject2010.htm>.
- 54 Modlo E. Moodle plugins directory: SageCell [Electronic resource] / Eugene Modlo, Sergey Semerikov // Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org. – 2018. – Access mode : [http://moodle.org/plugins/filter\\_sagecell](http://moodle.org/plugins/filter_sagecell).
- 55 Modlo Ye. O. Interdisciplinary and modeling competencies as the components of fundamental and professional training of the electromechanics bachelors / Ye. O. Modlo // *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. – 2018. – Вип. 1 (11). – С. 164-175. – DOI : 10.5281/zenodo.2109065.
- 56 Modlo Ye. O. Modernization of Professional Training of Electromechanics Bachelors: ICT-based Competence Approach [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov, Ekaterina O. Shmeltzer // *Augmented Reality in Education : Proceedings of the 1st International Workshop (AREdu*

- 2018). Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Vladimir N. Soloviev. – P. 148-172. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2257). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2257/paper15.pdf>.
- 57 Modlo Ye. O. Xcos on Web as a promising learning tool for Bachelor's of Electromechanics modeling of technical objects [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov // Cloud Technologies in Education : Proceedings of the 5th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2017). Kryvyi Rih, Ukraine, April 28, 2017 / Edited by : Serhiy O. Semerikov, Mariya P. Shyshkina. – P. 34-41. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2168). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2168/paper6.pdf>.
- 58 Molina A. G. Mejores Prácticas de Aprendizaje Móvil para el Desarrollo de Competencias en la Educación Superior [Electronic resource] / Arturo Molina, Violeta Chirino // IEEE-RITA. – 2010. – Vol. 5. – Núm. 4, Nov. – P. 175-183. – Access mode : <http://rita.det.uvigo.es/201011/uploads/IEEE-RITA.2010.V5.N4.A9.pdf>.
- 59 Prokopiadou G. Using Information and Communication Technologies in School Administration: Researching Greek Kindergarten Schools / Georgia Prokopiadou // Educational Management Administration & Leadership. – 2012. – Vol. 40, Iss. 3. – P. 305-327. – DOI: 10.1177/1741143212436953.
- 60 QUIS new models for cost effectiveness and cost efficiency in e-learning – in the perspective of the user, the provider and the society [Electronic resource] / QUIS team, TISIP Research Foundation. – Trondheim : The TISIP Foundation, 2007. – V, 80 p. – Access mode : [http://www2.tisip.no/quis/public\\_files\\_final/QUIS-new-models-for-cost-effectiveness-and-cost-efficiency-in-e-learning.pdf](http://www2.tisip.no/quis/public_files_final/QUIS-new-models-for-cost-effectiveness-and-cost-efficiency-in-e-learning.pdf).
- 61 Rashevskaya N. V. Technological conditions of mobile learning at high school [Electronic resource] / Natalya Rashevskaya, Viktoriia Tkachuk // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – № 3. – P. 161-164. – Access mode :

[http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI\\_2015\\_3/021%20Rashevsk.pdf](http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_3/021%20Rashevsk.pdf).

- 62 Rassovytska M. V. Mechanical Engineers' Training in Using Cloud and Mobile Services in Professional Activity [Electronic resource] / Maryna Rassovytska, Andrii Striuk // ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer 2017 : Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI, 2017). Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017. – P. 348-359. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 1844). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000348.pdf>.
- 63 Restivo M. T. Augmented Reality in Electrical Fundamentals [Electronic resource] / M. T. Restivo, F. Chouzal, J. Rodrigues, P. Menezes, B. Patrão, J. B. Lopes // International Journal of Online Engineering (iJOE). – 2014. – Vol. 10. – No 6. – P. 68-72. – Access mode : <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/download/4030/3323>.
- 64 Rizov T. Augmented reality as a teaching tool in higher education [Electronic resource] / Tashko Rizov, Elena Rizova // International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education. – 2015. – Vol. 3. – No. 1. – P. 7-16. – Access mode : <http://www.ijcrsee.com/index.php/ijcrsee/article/download/169/287>.
- 65 Roney M. W. Electro-mechanical Technology: A Field Study of Electro-mechanical Technician Occupations : Final Report / Maurice W. Roney ; The Oklahoma State University, School of Industrial Education (Stillwater, Oklahoma). – Part I. – U.S. Department of Health, Education and Welfare ; Office of Education ; Bureau of Research, September 1966. – III, 30, A-1, B-3, C-2, D-4, E-4, F-10 p.
- 66 Roney M. W. Electromechanical Technology: A Post-High School Technical Curriculum : Final Report / Maurice W. Roney ; The Oklahoma State University, School of Industrial Education (Stillwater, Oklahoma). – Part II. –

- U.S. Department of Health, Education and Welfare ; Office of Education ; Bureau of Research, November 1966. – IV, 34 p.
- 67 Sage Cell Server [Electronic resource] / Access mode : <http://sagecell.sagemath.org/>
- 68 Schneps M. H. E-Readers Are More Effective than Paper for Some with Dyslexia / Matthew H. Schneps, Jenny M. Thomson, Chen Chen, Gerhard Sonnert, Marc Pomplun // PLoS ONE. – 2013. – 8(9). – e75634. – DOI : 10.1371/journal.pone.0075634.
- 69 Schneps M. H. Shorter Lines Facilitate Reading in Those Who Struggle / Matthew H. Schneps, Jenny M. Thomson, Gerhard Sonnert, Marc Pomplun, Chen Chen, Amanda Heffner-Wong // PLoS ONE. – 2013. – 8(8). – e71161. – DOI : 10.1371/journal.pone.0071161.
- 70 Scilab – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – 17 лютого 2019. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Scilab&oldid=24491902>.
- 71 Scilab is recognized as having educational value by the French Department of Education : Press Release [Electronic resource] / Scilab Enterprises S.A.S. – Rocquencourt, July 26<sup>th</sup> 2011. – Access mode : [https://www.scilab.org/content/download/514/4351/file/CP\\_Scilab\\_26072011\\_eng.pdf](https://www.scilab.org/content/download/514/4351/file/CP_Scilab_26072011_eng.pdf).
- 72 Scilab on Aakash | Scilab.in [Electronic resource]. – [2012?]. – Access mode : <http://www.scilab.in/scilab-on-aakash>.
- 73 Scilab Online – rollApp [Electronic resource] / rollApp. – 2018. – Access mode : <https://www.rollapp.com/app/scilab>.
- 74 Scilab takes off on its own [Electronic resource] // Inria. – 19/05/2009. – Access mode : <https://www.inria.fr/en/news/news-from-inria/scilab>.
- 75 Simple-Scada – Простая, современная SCADA-система [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <https://simple-scada.com/>.
- 76 SMath Studio – SMath [Electronic resource] / Andrey Ivashov. – 2018. – Access mode : <https://en.smath.info/view/SMathStudio/summary>.

- 77 Sutherland I. E. A head-mounted three dimensional display / Ivan E. Sutherland // Proceedings of the AFIPS Fall Joint Computer Conference. December 9-11, 1968. Part I. – Washington : Thompson Books, 1968. – P. 757-764.
- 78 Syrovatskyi O. V. Augmented reality software design for educational purposes / Oleksandr V. Syrovatskyi, Serhiy O. Semerikov, Yevhenii O. Modlo, Yuliia V. Yechkalo, Snizhana O. Zelinska // Computer Science & Software Engineering : Proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Serhiy O. Semerikov, Vladimir N. Soloviev, Andrii M. Striuk. – P. 193-225. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2292). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2292/paper20.pdf>.
- 79 Traxler J. Conclusion: Contextual Challenges for the Next Generation / John Traxler, Agnes Kukulska-Hulme // Mobile Learning: The Next Generation / Edited by John Traxler and Agnes Kukulska-Hulme. – London : Routledge, 2016. – P. 208-226.
- 80 UNESCO policy guidelines for mobile learning [Electronic resource] / [Mark West, Steven Vosloo] ; edited by Rebecca Kraut. – Paris : UNESCO, 2013. – 41, [1] p. – Access mode : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641E.pdf>.
- 81 Vaughan J. Using mechatronics to teach mechanical design and technical communication / Joshua Vaughan, Joel Fortgang, William Singhose, Jeffrey Donnell, Thomas Kurfess. – Mechatronics. – 2008. – Vol. 18. – Issue 4 (May). – P. 79-186. – DOI : 10.1016/j.mechatronics.2008.01.003.
- 82 Vlasenko K. Developing informatics competencies of computer sciences students while teaching differential equations / Vlasenko, Kateryna; Chumak, Olena; Sitak, Irina; Chashechnikova, Olga; Lovianova, Iryna // Revista Espacios. – 2019. – Vol. 40 (Number 31). – P. 11. – Access mode : <http://www.revistaespacios.com/a19v40n31/19403111.html>.
- 83 Vlasenko K. Training of Mathematical Disciplines Teachers for Higher

- Educational Institutions as a Contemporary Problem / Kateryna Vlasenko, Olena Chumak, Irina Sitak, Iryna Lovianova, Oksana Kondratyeva // Universal Journal of Educational Research. – 2019. – Vol. 7(9). – P. 1892-1900. – DOI : 10.13189/ujer.2019.070907.
- 84 W3 Scilab [Electronic resource] / R. Sathish Kumar. – 2013-04-09. – Access mode : <https://sourceforge.net/projects/w3scilab/>.
- 85 Wang M. Mobile Cloud Learning for Higher Education: A Case Study of Moodle in the Cloud / Minjuan Wang, Yong Chen, Muhammad Jahanzaib Khan // The International Review of Research in Open and Distributed Learning . – 2014. – Vol. 15. – No 2 (April). – DOI : 10.19173/irrodl.v15i2.1676.
- 86 Wang Y. Mechatronics education at CDHAW of Tongji University: Laboratory guidelines, framework, implementations and improvements / Yu Wang, Ying Yu, Chun Xie, Huiying Wang, Xiao Feng. – Mechatronics. – 2009. – Vol. 19. – Issue 8 (December). – P. 1346-1352. – DOI : 10.1016/j.mechatronics.2009.09.001.
- 87 Web application – Scilab.io [Electronic resource] / Scilab Enterprises. – 2016. – Access mode : <https://scilab.io/services/development/web-application/>.
- 88 Webinar: Application Development with Scilab = Scientific & Engineering Application: Scilab & Scilab Cloud : Webinar [Electronic resource] / Yann Debray, Paul Bignier ; Scilab. – 2016/09/08. – Access mode : <https://www.youtube.com/watch?v=MaPKnUIEwoY>.
- 89 Weidlich D. Analyses Using VR/AR Visualization / Dieter Weidlich, Sandra Scherer, Markus Wabner // IEEE Computer Graphics and Applications. – 2008. – Vol. 28. – Iss. 5. – P. 84-86. – DOI : 10.1109/mcg.2008.89.
- 90 Xcos [Electronic resource] / FOSSEE. – [2019?]. – Access mode : <http://xcos.fossee.in/>.
- 91 Yoza Cellphone Stories: Quick Overview [Electronic resource]. – 2012-05-21. – 1 p. – Access mode : [https://m4lit.files.wordpress.com/2012/05/3\\_yoza-cellphone-stories\\_082010\\_to\\_082011.pdf](https://m4lit.files.wordpress.com/2012/05/3_yoza-cellphone-stories_082010_to_082011.pdf).



- 92 ZRLC(Circuit solver) - Apps on Google Play [Electronic resource] / FGV. – 2018. – Access mode : <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.k66.zrlc&hl=en>.
- 93 Андрущенко В. П. Освітня політика (огляд порядку денного) / В. П. Андрущенко, В. Л. Савельєв. – К. : Леся, 2010. – 368 с.
- 94 Атаманчук Ю. М. Особливості управління вищою освітою в контексті адаптації діяльності регіональних ВНЗ до Болонського процесу / Ю. М. Атаманчук, Т. М. Десятов, С. О. Семеріков // Вісн. Черкас. ун-ту. Сер. Пед. науки. – 2010. – Вип. 183, ч. 4. – С. 20-26.
- 95 Атанов Г. А. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова ; под общ. ред. Г. А. Атанова. – Донецк : Изд-во ДООУ, 2002. – 504 с.
- 96 Бабічева О. Ф. Методичні вказівки для виконання практичних робіт та самостійного вивчення дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» (для студентів 4 курсу усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0922 (6.050702 «Електромеханіка»)) / [Укл. : О. Ф. Бабічева, К. О. Сорока] ; Харківська національна академія міського господарства. – Харків, 2011. – 16 с.
- 97 Байденко В. И. Компетенции: к освоению компетентного подхода : лекция в слайдах : авт. версия / В.И. Байденко. – М. : Исслед. центр проблем качества подгот. специалистов, 2004. – 30 с.; 15 x 21см. - (Серия : Труды методологического семинара «Россия в Болонском процессе: проблемы, задачи, перспективы» / М-во образования и науки Рос. Федерации, Исслед. центр пробл. качества подгот. специалистов Моск. ос. ин-та стали и сплавов (технод. ун-т), Каф. систем. исслед. образования).
- 98 Бас С. В. Формування предметної компетентності у процесі навчання вищої математики студентів економічних спеціальностей : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання (математика) / Бас

- Світлана Віталіївна ; Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет». – Кривий Ріг, 2015. – 301 с.
- 99 Беспалько В. П. Киберпедагогика = Cyberpedagogy : введение в теорию и методологию педагогического обеспечения компьютерного обучения / Владимир Беспалько. – М. : Народное образование, 2018. – 238, [1] с.
- 100 Биков В. Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище Інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування / Биков В. Ю. // Інформаційні технології в освіті. – 2013. – № 17. – С. 9-37.
- 101 Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : [монографія] / В. Ю. Биков. – К. : Атіка, 2009. – 684 с. : іл.
- 102 Бібік Н. М. Проблема профільного навчання в педагогічній теорії і практиці / Н. Бібік // Директор школи, ліцею, гімназії : науково-практичний журнал для керівників закладів освіти. – 2005. – № 5/6. – С. 20-26.
- 103 Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. – К. ; Ірпінь : Перун, 2005. – 1728 с.
- 104 Вишнякова Л. Н. Понятійно-модульна методика формування у студентів професійного електротехнічного мислення : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теорія і методика професійного освіти / Вишнякова Лариса Николаевна ; Магнітогорський державний університет. – Магнітогорськ, 2004. – 173 с.
- 105 Власенко К. В. Теоретичні й методичні аспекти навчання вищої математики з використанням інформаційних технологій в інженерній машинобудівній школі : монографія / К. Власенко ; науковий редактор д. пед. н., проф. О. І. Скафа. – Донецьк : Ноулідж, 2011. – 410 с.
- 106 Волкова Н. П. Інтерактивні технології навчання у вищій школі : навчально-методичний посібник / Н. П. Волкова. – Дніпро : Університет імені Альфреда Нобеля, 2018. – 360 с.

- 107 Вступна кампанія 2012 » ОКР "бакалавр": галузі знань » Електротехніка та електромеханіка [Електронний ресурс] // Інформаційна система "Конкурс" Міністерства освіти і науки України. / Міністерство освіти і науки України. – [К.], 2012. – Режим доступу : <https://web.archive.org/web/20171209075338/http://www.vstup.info/2012/i2012okr1b7c560859-08e5-4608-a6a5-5cd0cc0ff794.html>.
- 108 Галузевий стандарт вищої освіти України ГСВОУ 6.050702-2014. Освітньо-професійна програма бакалавра. Галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка. Напрямок підготовки 6.050702 Електромеханіка. Кваліфікація 2149.2 Молодший інженер-електромеханік : видання офіційне / Міністерство освіти і науки України. – К., 2014. – 48 с.
- 109 Галузевий стандарт вищої освіти України ГСВОУ 6.050702-2014. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра. Галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка. Напрямок підготовки 6.050702 Електромеханіка. Кваліфікація 2149.2 Молодший інженер-електромеханік : видання офіційне / Міністерство освіти і науки України. – К., 2014. – 51 с.
- 110 Гамов А. В. Развитие профессиональных компетенций студентов на основе интеграции электротехнических дисциплин : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Гамов Александр Валентинович ; ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». – Екатеринбург, 2008. – 190 с.
- 111 Гершунский Б. С. Философия образования для XXI века / Б. С. Гершунский. – М. : Пед. о-во России, 2002. – 508, [3] с.
- 112 Глибин Е. С. Моделирование источников питания электротехнологических установок в Scilab Xcos : лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Е. С. Глибин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский

государственный университет, Институт энергетики и электротехники, Кафедра «Промышленная электроника». – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 48 с. – Режим доступа : <https://dspace.tltsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/2924/Glibin%201-34-15-eui-Z.pdf>.

- 113 Головань М. С. Модель формування дослідницької компетентності майбутніх фахівців у процесі професійної підготовки / М. С. Головань // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2012. – № 5 (23). – С. 196-205.
- 114 Гордієнко М. Г. Формування умінь і навичок самостійної роботи з іноземною фаховою літературою у майбутніх інженерів : автореферат дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти / Гордієнко Майя Григорівна ; Інститут педагогічної освіти і освіти дорослих Академії педагогічних наук України. – К., 2008. – 24 с.
- 115 Горошко Ю. В. Система інформаційного моделювання у підготовці майбутніх учителів математики та інформатики : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання (інформатика) / Горошко Юрій Васильович ; Черніг. нац. пед. ун-т імені Т. Г. Шевченка. – Чернігів, 2013. – 470 с.
- 116 ГОСТ 27.001-95. Система стандартів «Надежность в технике». Основные положения. – Издание официальное. – М. : Издательство стандартов, 2002. – 8 с. – (Государственные стандарты).
- 117 Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : підр. / Ілона Дичківська. – 3-тє вид., випр. – К. : Академвидав, 2015. – 304 с. – (Альма-матер+).
- 118 Дмитренко Т. А. Дидактические основы управления учебной деятельностью студентов (на материале технических дисциплин) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 – теория и история педагогики / Тамара Александровна Дмитренко ; Харьков. инж.-пед. ин-т. – Екатеринбург, 1991. – 33 с.

- 119 Дмух Г. Ю. Педагогические условия формирования профессиональной компетентности магистров электротехнического направления : дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Дмух Галина Юрьевна ; ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический университет» (ДВПИ им. В. В. Куйбышева). – Владивосток, 2010. – 198 с.
- 120 Докучаєва В. В. Проектування інноваційних педагогічних систем у сучасному освітньому просторі : моногр. / Вікторія Вікторівна Докучаєва. – Луганськ : Альма-матер, 2005. – 303 с.
- 121 Драгунова Е. А. Проектирование и реализация теоретического обеспечения многоуровневой электротехнической подготовки специалистов в вузе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Драгунова Елена Александровна ; Министерство образования Российской Федерации, Тольяттинский политехнический институт. – Тольятти, 2000. – 228 с.
- 122 ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення : Наджность техники. Термины и обозначения : чинний від 1996-01-01. – Офіційне видання. – К. : Держстандарт України, 1995. – 92 с.
- 123 Евтушенко С. П. Выпуск конструкторской документации в AutoCAD Electrical [Электронный ресурс] / Евтушенко С. П. – К. : Аркада, 2009. – 20 с. – Режим доступа : <http://www.arcada.com.ua/infot/free/kd.pdf>.
- 124 Жалдак М. І. Проблеми інформатизації навчального процесу в середніх і вищих навчальних закладах / М. І. Жалдак // Комп'ютер в школі та сім'ї. – 2013. – № 3. – С. 8-15.
- 125 Загвязинский В. И. Дидактика высшей школы : текст лекций / В. И. Загвязинский ; Челяб. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола, Челяб. регион. центр высш. шк. – Челябинск : ЧПИ, 1990. – 95, [2] с.
- 126 Зеер Э. Ф. Компетентностный подход к модернизации профессионального образования / Э. Зеер, Э. Сыманюк // Высшее образование в России. – 2005. – № 4. – С. 23-30.

- 127 Зиновкина М. М. Формирование творческого технического мышления и инженерных умений студентов технических вузов : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 – общая педагогика / Зиновкина Мирослава Михайловна ; НИИ труд. обуч. и проф. ориентации. – М., 1989. – 34 с.
- 128 Иванчура В. И. Оптимизация следящей системы автоматического управления / В. И. Иванчура, А. П. Прокопьев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2011. – № 5 (38). – С. 44-49.
- 129 Кадемія М. Ю. Формування професійних знань учнів профтехучилищ засобами мережних комунікацій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія та методика професійної освіти / Кадемія Майя Юхимівна ; Ін-т педаг. і психол. проф. освіти. – К., 2004. – 260 с.
- 130 Кашкин С. Н. Разработка модели профессионально ориентированного непрерывного технологического образования будущего специалиста (на примере электротехнического профиля) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Кашкин Сергей Николаевич ; Воронежский областной институт повышения квалификации и переподготовки работников образования. – Воронеж, 2006. – 209 с.
- 131 Кислова М. А. Розвиток мобільного навчального середовища з вищої математики у підготовці інженерів-електромеханіків : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті / Кислова Марія Алімівна ; Кривор. нац. ун-т. – Кривий Ріг, 2014. – 274 с.
- 132 Кіяновська Н. М. Теоретико-методичні засади використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні вищої математики студентів інженерних спеціальностей у Сполучених Штатах Америки : монографія / Н. М. Кіяновська, Н. В. Рашевська, С. О. Семеріков // Теорія та методика електронного навчання. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2014. – Том V. – Випуск 1 (5) : спецвипуск «Монографія в журналі». – 316 с. : іл.

- 133 Кобися В. М. Підготовка електромеханіків засобами проектування комп'ютерно орієнтованих технологій навчання в професійно-технічних навчальних закладах : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти / Кобися Володимир Михайлович ; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України ; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. – Вінниця, 2012. – 20 с.
- 134 Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи : колективна монографія / Бібік Н. М., Ващенко Л. С., Локшина О. І., Овчарук О. В., Паращенко Л. І., Пометун О. І., Савченко О. Я., Трубачева С. Е. ; під заг. ред. О. В. Овчарук ; Міністерство освіти і науки України. – К. : К.І.С., 2004. – 112 с. – (Бібліотека з освітньої політики).
- 135 Коротяев Б. И. Нестандартный взгляд на стандарты высшего образования : моногр. / Б. И. Коротяев, В. С. Курило, С. В. Савченко ; Луган. нац. ун-т им. Тараса Шевченко. – Старобельск : Изд-во ГУ «ЛНУ имени Тараса Шевченко», 2016. – 293 с.
- 136 Котмакова Т. Б. Формирование личностной мобильности как профессионального качества будущих специалистов в процессе обучения в вузе (на примере специальности «Электрический транспорт железных дорог») : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Котмакова Татьяна Борисовна ; ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения». – Хабаровск, 2011. – 198 с.
- 137 Кремень В. Г. Категорії «простір» і «середовище»: особливості модельного подання та освітнього застосування / В. Г. Кремень, В. Ю. Биков // Теорія і практика управління соціальними системами. – 2013. – № 2. – С. 3-16.
- 138 Крилова Т. В. Наукові основи навчання математики студентів нематематичних спеціальностей (на базі металургійних, енергетичних і

- електромеханічних спеціальностей вищого закладу технічної освіти) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання математики / Крилова Тетяна Вячеславівна ; Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова. – К., 1999. – 36 с.
- 139 Куклев В. А. Становление системы мобильного обучения в открытом дистанционном образовании : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 – общая педагогика, история педагогики и образования / Куклев Валерий Александрович ; Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2010. – 515 с.
- 140 Кухаренко В. М. Теорії навчання на сучасному етапі розвитку дистанційного навчання / В. М. Кухаренко // Теорія та методика електронного навчання. – 2012. – Том III. – С. 153-161.
- 141 Лавренина А. Н. Система профессионально направленного обучения физике студентов электротехнических специальностей вуза : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Лавренина Александра Николаевна ; Тольяттинский политехнический институт, Кафедра «Физика». – Тольятти, 1999. – 186 с.
- 142 Литвинова С. Г. Методика використання технологій віртуального класу вчителем в організації індивідуального навчання учнів : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті / Литвинова Світлана Сергіївна ; Ін-т інф. технол. і зас. навч. – К., 2011. – 25 с.
- 143 Лузік Е. В. Педагог технічного університету 21 століття: пошук інноваційної моделі / Е. В. Лузік // Вісник Нац. авіац. ун-ту. Серія: Педагогіка, Психологія. – 2016. – № 8. – 6 с. – DOI : 10.18372/2411-264X.8.12351.
- 144 Мажирина Р. Е. Формирование готовности студентов электротехнических специальностей к проведению инженерного эксперимента : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика



- професійного освіти / Мажиріна Раїса Євгенівна ; Оренбургський державний університет. – Оренбург, 2002. – 196 с.
- 145 Маркова А. К. Психологія професіоналізму / А. К. Маркова. – М. : Міжнарод. гуманітар. фонд «Знання», 1996. – 308 с.
- 146 Маркова О. М. Хмарні технології як засіб навчання основ математичної інформатики студентів технічних університетів : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті / Маркова Оксана Миколаївна ; Криворізький державний педагогічний університет, Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». – Кривий Ріг, 2018. – 327 с.
- 147 Меньєв А. Ф. Взаємозв'язок викладання і навчання в навчальному процесі технічного вузу : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 – загальна педагогіка / Меньєв Александр Федорович ; Моск. пед. гос. ун-т ім. В. І. Леніна. – М., 1995. – 32 с.
- 148 Меньяйленко О. С. Теоретико-методологічні основи синтезу індивідуалізованих стратегій управління дидактичним процесом в автоматизованих навчальних системах : дис... д-ра техн. наук : 05.13.06 – інформаційні технології / Меньяйленко Олександр Сергійович ; Луган. нац. пед. ун-т ім. Тараса Шевченка. – Луганськ, 2007. – 404 с.
- 149 Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» (для студентів спеціальності 7.0922.03 «Електромеханічні системи автоматизації і електропривод») / Укл. : О. І. Толочко, Г. С. Чекавський, Р. В. Федоряк, О. В. Песковатська, В. Ю. Марінічев. – Донецьк : ДонНТУ, 2002. – 72 с.
- 150 Моделирование и познание / ред. д-р филос. наук В. А. Штофф ; АН БССР. Ин-т философии и права. – Минск : Наука и техника, 1974. – 209 с.
- 151 Моделювання електромеханічних систем : підручник для студентів вузів, які навчаються за напрямом «Електромеханіка» / О. П. Чорний, А. В. Луговой, Д. Й. Родькін, Г. Ю. Сисюк, О. В. Садовой. – Кременчук,

2001. – 410 с.

- 152 Модло Є. О. Використання десктопних програм у хмарному середовищі / Є. О. Модло // Хмарні технології в освіті : матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 39.
- 153 Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення рівного доступу до освіти та персоналізації навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2016». 15 грудня 2016 року / за заг. ред. проф. Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України, Рада молодих вчених. – К. : ІТЗН НАПН України, 2016. – С. 122-125. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник конф\\_Наукова молодь 2016\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник конф_Наукова молодь 2016_1.pdf).
- 154 Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення зворотного зв'язку та оцінювання результатів навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017». 14 грудня 2017 року / за ред. Спіріна О. М. та Яцишин А. В. – К. : ІТЗН НАПН України, 2017. – С. 171-174. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник конф\\_Наукова молодь 2017.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник конф_Наукова молодь 2017.pdf).
- 155 Модло Є. О. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ / Є. О. Модло, Ю. В. Єчкало, С. О. Семеріков, В. В. Ткачук // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. – Випуск 11. – Частина 1. – С. 93-100.
- 156 Модло Є. О. До визначення поняття мобільного Інтернет-пристрою

- [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2015». 10 грудня 2015 року / за заг. ред. проф. Бикова В. Ю. та Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України. – К. : ІТЗН НАПН України, 2015. – С. 37-38. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф\\_Наукова%20молодь%202015\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф_Наукова%20молодь%202015_1.pdf).
- 157 Модло Є. О. Електронні таблиці як засіб навчання нейромережевого моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки / Євгеній Олександрович Модло, Ілля Олександрович Теплицький, Сергій Олексійович Семеріков // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2015. – Том XIII. – Випуск 3 (37). – С. 182-196.
- 158 Модло Є. О. Засоби доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі професійно-практичної підготовки / Є. О. Модло, А. М. Стрюк, С. О. Семеріков // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Професійна педагогіка і андрагогіка: актуальні питання, досягнення та інновації». 20-21 листопада 2017 року / за ред. О. О. Лаврентьевої, Т. М. Мішеніної ; Кривий Ріг, 2017. – С. 31-34.
- 159 Модло Є. О. Засоби мобільного доступу до Scilab [Електронний ресурс] / Є. О. Модло, С. О. Семеріков, О. В. Сироватський // Міжнародна науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2018)». 17-18 травня 2018 року [Електронне мережне наукове видання]: збірник матеріалів. – Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2018. – С. 348-358. – Режим доступу : [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018_netpub.pdf).
- 160 Модло Є. О. Зміст компетенцій бакалавра електромеханіки в

- модельованні технічних об'єктів / Модло Є. О. // Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси : Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2016. – № 17. – С. 64-70.
- 161 Модло Є. О. Комп'ютерна програма «Фільтр SageCell для Moodle» («SageCell») : свідоцтво № 86664 від 11.03.2019 про реєстрацію авторського права на твір / Модло Євгеній Олександрович, Семеріков Сергій Олексійович // Авторське право і суміжні права. – 2019. – Офіційний бюлетень № 52. – С. 1064.
- 162 Модло Є. О. Комп'ютерне модельовання в підготовці бакалаврів електромеханіки / Є. О. Модло // Комп'ютерне модельовання в освіті : матеріали VI Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 12 квітня 2013 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2013. – С. 25-26.
- 163 Модло Є. О. Компетентність бакалавра електромеханіки в модельованні / Є. О. Модло // Вісник Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля. Серія: Педагогіка і психологія. – 2015. – № 1 (9). – С. 17-24, 294.
- 164 Модло Є. О. Мехатроніка як новий напрям підготовки фахівців з електромеханіки / Є. О. Модло // Сталий розвиток промисловості та суспільства : матеріали міжнародної науково-технічної конференції / Міністерство освіти і науки України ; ДВНЗ «Криворізький національний університет». – Кривий Ріг, 2015. – Том 2. – С. 32-33.
- 165 Модло Є. О. Мобільні засоби формування ІКТ-складової компетентності бакалавра електромеханіки в модельованні технічних об'єктів / Є. О. Модло // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 4(18). – С. 115-120.
- 166 Модло Є. О. Модель використання мобільних Інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки модельовання технічних об'єктів / Є. О. Модло // Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-

математичного циклу «ІТМ\*плюс – 2018» : матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції (8-9 листопада 2018 року, м. Суми) : у 2-х томах / упорядн. Чашечникова О. С. ; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С.Макаренка, Інститут педагогіки НАПН України, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Державний Університет Кенесо (м. Кенесо, США), Мозирський державний педагогічний університет імені І. П. Шамякіна (Беларусь), Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Факультет математики та інформатики Пловдивського університету ім. Паїсія Хілендарського (Болгарія), Науково-дослідна лабораторія змісту і методів навчання математики, фізики, інформатики (СумДПУ ім. А. С. Макаренка). – Том 2. – Суми : ФОП Цьома С. П., 2018. – С. 47-48.

- 167 Модло Є. О. Проектування системи компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні / Модло Є. О. // Інформаційні технології в освіті та науці : збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького. – Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – Випуск 7. – С. 111-116.
- 168 Модло Є. О. Розробка фільтру SageMath для Moodle / Євгеній Олександрович Модло, Сергій Олексійович Семеріков // Новітні комп'ютерні технології. – Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2014. – Том XII : спецвипуск «Хмарні технології в освіті». – С. 233-243.
- 169 Морзе Н. В. Педагогічні аспекти використання хмарних обчислень / Н. В. Морзе, О. Г. Кузьмінська // Інформаційні технології в освіті. – 2011. – Вип. 9. – С. 20-29.
- 170 Моторина Н. П. Методика организации профессиональной

- электротехнической подготовки современного инженера : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Моторина Наталья Петровна ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, [2002]. – 228 с.
- 171 Омату С. Нейроуправление и его приложения / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. – М. : Радиотехника, 2000. – 272 с. – (Нейрокомпьютеры и их применение. Книга 2).
- 172 Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра (в частині розподілу загального навчального часу за циклами підготовки, переліку та обсягу нормативних дисциплін). Галузь знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка» / Міністерство освіти і науки України // Сайт комісії з електротехніки та електромеханіки - Стандарти освіти. – К., 2009. – Режим доступу : <http://nmk.vzvo.gov.ua/download/6.050702%20Circuit.rar>.
- 173 Панкова Н. Г. Методика обучения электротехническим дисциплинам в техническом университете с применением информационных технологий : автореферат дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания по (технологии и общетехническим дисциплинам, уровень высшего образования) / Панкова Наталья Григорьевна ; ГОУ «Волжская государственная инженерно-педагогическая академия», ГОУ «Нижегородский государственный технический университет». – Нижний Новгород, 2004. – 197 с.
- 174 Панченко Л. Ф. Нові тренди аналізу даних [Електронний ресурс] / Л. Ф. Панченко // Науковий вісник Донбасу. – 2013. – № 4. – 17 с. – Режим доступу : <http://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN24/13plftad.pdf>.
- 175 Пліш І. В. Хмарні сервіси як сучасний засіб в управлінні навчальним закладом / Ірина Валеріївна Пліш // Новітні комп'ютерні технології. – Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2014. – Том XII : спецвипуск «Хмарні технології в освіті». – С. 45-49.

- 176 Полат Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 050706 (031000) – Педагогика и психология ; 050701 (033400) – Педагогика / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2010. – 364, [1] с. – (Высшее профессиональное образование. Педагогические специальности).
- 177 Польский М. А. Методические основы создания и применения комбинированных дидактических интерактивных программных систем по электротехническим дисциплинам : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (технические дисциплины, уровень высшего образования) / Польский Максим Александрович ; Астраханский государственный технический университет. – Астрахань, 2006. – 167 с.
- 178 Пометун О. І. Теорія та практика послідовної реалізації компетентісного підходу в досвіді зарубіжних країн / Пометун О. І. // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи : колективна монографія / Бібік Н. М., Ващенко Л. С., Локшина О. І., Овчарук О. В., Парашенко Л. І., Пометун О. І., Савченко О. Я., Трубачева С. Е. ; під заг. ред. О. В. Овчарук ; Міністерство освіти і науки України. – К. : К.І.С., 2004. – (Бібліотека з освітньої політики). – С. 15-24.
- 179 Попков В. А. Дидактика высшей школы : учебное пособие / В. А. Попков, А. В. Коржуев. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2017. – 227 с. – (Образовательный процесс).
- 180 Потемкина С. Н. Методика профессионально направленного обучения задач по физике студентов электротехнических специальностей вузов : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Потемкина Светлана Николаевна ; Тольяттинский политехнический институт, Кафедра физики. – Тольятти, 1999. – 178 с.

- 181 Про вищу освіту : Закон України № 1556-VII [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – [К.], 01.07.2014. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
- 182 Про державне замовлення на підготовку фахівців, науково-педагогічних та робітничих кадрів, на підвищення кваліфікації та перепідготовку кадрів (післядипломна освіта) для державних потреб у 2012 році : Постанова від 17 травня 2012 р. № 583 ; Київ / Кабінет Міністрів України // Офіційний вісник України. – 2012. – № 50. – С. 297, стаття 1962, код акту 62353/2012.
- 183 Про затвердження Положення про електронний підручник [Електронний ресурс] : Наказ, Положення № 440 / МОН України. – 02.05.2018. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0621-18>.
- 184 Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року : Указ № 344/2013 [Електронний ресурс] / Президент України. – 25 червня 2013 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>.
- 185 Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки : Закон України від 09.01.2007 № 537-V / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 23.03.2007. – № 12. – С. 511, стаття 102.
- 186 Про телекомунікації : Закон № 1280-IV [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – 18.11.2003. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>.
- 187 Промель Ф. Имитация реальности: тренажер для диспетчеров электросетей / Франсуа Промель, Иче Судри // АББ Ревю. – 2005. – № 2. – С. 62-65.
- 188 Пчела С. А. Обеспечение преемственности подготовки специалистов электротехнического профиля в базовой профессиональной школе : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Пчела Сергей Александрович ;



- [Марийский государственный педагогический институт им. Н. К. Крупской]. – Йошкар-Ола, 2007. – 23 с.
- 189 Рамський Ю. С. Вивчення інформаційно-пошукових систем мережі Інтернет : навч.-метод. посіб. / Ю. С. Рамський, О. В. Резіна ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – К. : [б. в.], 2004. – 60 с.
- 190 Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования: психолого-педагогический и технологический аспекты / И. В. Роберт. – М. : Бинوم. Лаб. знаний, 2014. – 398 с. – (Информатизация образования).
- 191 Сагдеева Г. С. Развитие интеллектуальной компетентности будущих специалистов (на примере подготовки инженеров-электриков) : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Сагдеева Гюзель Саидовна ; [ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»]. – Казань, 2013. – 24 с.
- 192 Селевко Г. К. Педагогические технологии на основе активизации, интенсификации и эффективного управления УВП / Г. К. Селевко. – М. : НИИ шк. технологий, 2005. – 284 с. – (Энциклопедия образовательных технологий).
- 193 Семеріков С. О. Ряди Фур'є в задачах відновлення залежностей у курсі вищої математики в технічному ВНЗ / С. О. Семеріков, І. О. Теплицький, О. П. Поліщук // Комп'ютерне моделювання в освіті : матеріали V Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 6 квітня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – С. 34-35.
- 194 Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. – СПб. : Речь, 2003. – 350 с.
- 195 Сисоева С. О. Інтерактивні технології навчання дорослих : навчально-методичний посібник для викладачів системи формальної, неформальної та інформальної освіти дорослих / Світлана Сисоева ; Київський ун-т імені Бориса Грінченка. – К. : ЕКМО, 2011. – 324 с.
- 196 Системний підхід у сучасних педагогічних дослідженнях в Україні :

- монографія / за ред. С. Я. Харченка ; Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. – Старобільськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2016. – 495 с.
- 197 Словак К. І. Методика використання мобільних математичних середовищ у процесі навчання вищої математики студентів економічних спеціальностей : автореф. дис ... канд. пед. наук : 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті / Словак Катерина Іванівна ; ПТЗН. – К., 2011. – 21 с.
- 198 Словак К. І. Мобільні математичні середовища: сучасний стан та перспективи розвитку / Словак К. І., Семеріков С. О., Триус Ю. В. // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наукових праць / Редрада. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. – № 12 (19). – С. 102-109.
- 199 Собко Р. М. Дидактичні особливості інтегративного навчання комп'ютерних технологій у професійній підготовці електриків : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти / Собко Роман Максимович ; Інститут педагогіки і психології професійної освіти Академії педагогічних наук України. – К., 2002. – 20 с.
- 200 Соболев И. М. Метод Монте-Карло / И. М. Соболев. – М. : Наука, 1968. – 64 с. – (Популярные лекции по математике, вып. 46).
- 201 Соловйов В. М. Моделювання складних економічних систем : навчальний посібник / В. М. Соловйов, В. В. Соловйова, Н. А. Хараджян. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2010. – 119 с.
- 202 Солошич І. О. Методика формування екологічних знань у майбутніх інженерів-електромеханіків у процесі навчання спеціальних дисциплін : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання (технічні дисципліни) / Солошич Ірина Олександрівна ; Українська інженерно-педагогічна академія. – Харків, 2006. – 21 с.

- 203 Сорока К. О. Конспект лекцій з курсу «Моделювання електромеханічних систем» (для студентів 4 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0922 (6.050702) – «Електромеханіка») / К. О. Сорока ; Харківська національна академія міського господарства. – Харків, 2010. – 190 с.
- 204 Спірін О. М. Теоретичні та методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за кредитно-модульною системою : [монографія] / О. М. Спірін; за наук. ред. акад. М. І. Жалдака. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2007. – 300 с.
- 205 Стрюк М. І. Мобільність: системний підхід [Електронний ресурс] / Стрюк Микола Іванович, Семеріков Сергій Олексійович, Стрюк Андрій Миколайович // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Том 49. – № 5. – С. 37–70. – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1263/955>. – DOI : 10.33407/itlt.v49i5.1263.
- 206 Тельманова Е. Д. Активизация познавательной деятельности студентов в процессе моделирования электродинамических систем : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания по общетехническим дисциплинам / Тельманова Елена Дмитриевна ; [Российский государственный профессионально-педагогический университет]. – Екатеринбург, 2007. – 25 с.
- 207 Теплицький О. І. Професійна підготовка учителів природничо-математичних дисциплін засобами комп'ютерного моделювання: соціально-конструктивістський підхід : монографія / О. І. Теплицький, І. О. Теплицький, С. О. Семеріков, В. М. Соловйов // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2015. – Том X. – Випуск 1 (10) : спецвипуск «Монографія в журналі». – 278 с.
- 208 Технології хмарних обчислень – провідні інформаційні технології

- подальшого розвитку інформатизації системи освіти в Україні (Відповіді доктора технічних наук, професора, академіка НАПН України, лауреата Державної премії, заслуженого діяча науки і техніки України, директора Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України Валерія Юхимовича Бикова на запитання головного редактора науково-методичного журналу «Комп'ютер у школі та сім'ї» В. Д. Руденка) // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2011. – № 6(94). – С. 3-11.
- 209 Ткачук В. В. Технологія доповненої реальності у мобільному навчальному середовищі ВНЗ / Ткачук В. В., Семеріков С. О., Єчкало Ю. В., Модло Є. О. // Засоби і технології сучасного навчального середовища : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 19-20 травня 2017 року / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Гомельський державний університет імені Ф. Скоріни, Грузинський технічний університет, Софійський технічний університет «Св. Климент Охридски», Кіровоградський ОІППО імені Василя Сухомлинського ; відповідальний редактор : С. П. Величко. – Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2017. – С. 39-41.
- 210 Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у вищих навчальних закладах : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання інформатики / Триус Юрій Васильович ; Черкас. нац. ун-т ім. Богдана Хмельницького. – Черкаси, 2005. – 515 с.
- 211 Фикс Н. П. Теоретическое обоснование создания и опыт применения автоматизированного учебно-методического комплекса: на примере курса теоретических основ электротехники : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Фикс Наталья Павловна ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и

- радиоелектроніки. – Томск, 2001. – 197 с.
- 212 Чернилевский Д. В. Дидактические технологии в высшей школе : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по пед. специальностям, магистрантов, аспирантов и слушателей системы доп. проф. образования / Д. В. Чернилевский. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 436, [1] с.
- 213 Чернилевский Д. В. Инновационные технологии и дидактические средства современного профессионального образования : моногр. / Д. В. Чернилевский, В. Б. Моисеев ; Моск. гос. индустр. ун-т. – М., 2002. – 145 с.
- 214 Шангина Е. И. Мобильно-облачные технологии в современном образовании [Электронный ресурс] / Шангина Е. И., Шангин Г. А. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12 (54). – Часть 4, декабрь. – С. 117-119. – Режим доступа : <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/12-4-54.pdf#page=117>.
- 215 Шишкіна М. П. Проблеми інформатизації освіти України в контексті розвитку досліджень оцінювання якості засобів ІКТ [Електронний ресурс] / Шишкіна Марія Павлівна, Спірін Олег Михайлович, Запорожченко Юлія Григорівна // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – Том 27, № 1. – 17 с. – Режим доступу : <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/632>. – DOI : 10.33407/itlt.v27i1.632.
- 216 Шищенко Е. В. Формирование профессиональных компетенций у студентов технических специальностей на основе интеграции электротехнических дисциплин (на примере железнодорожного техникума) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 – теория и методика профессионального образования / Шищенко Елена Вячеславовна ; Министерство науки и образования Российской Федерации, Самарский государственный технический университет. – Самара, 2005. – 242 с.
- 217 Шокалюк С. В. Інформаційні технології математичного призначення в курсі фізики середньої та вищої школи / С. В. Шокалюк, С. О. Семеріков

- // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського нац. ун-ту : Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський нац. ун-т, 2008. – Вип. 14 : Інновації в навчанні фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі : міжнародний та вітчизняний досвід. – С. 108-113.
- 218 Шокалюк С. В. Методичні засади комп'ютеризації самостійної роботи старшокласників у процесі вивчення програмного забезпечення математичного призначення : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання (інформатика) / Шокалюк Світлана Вікторівна ; Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. – К., 2010. – 21 с.
- 219 Ясвин В. А. Экспертно-проектное управление развитием школы / В. А. Ясвин ; отв. ред. М. А. Ушакова. – М. : Сентябрь, 2011. – 175 с. – (Библиотека журнала "Директор школы". Управление; Вып. № 4, 2011 год).

**ДОДАТКИ**

## Додаток А

## Статистичні відомості про підготовку бакалаврів електромеханіки

Таблиця А.1

**Ліцензійний обсяг, державне замовлення, кількість зарахованих на 1 курс абітурієнтів за денною та заочною формами навчання за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка» (за даними [107])**

Назва ЗВО	Денна форма				Заочна форма			
	Л	Д	З	Δ	Л	Д	З	Δ
Севастопольський національний технічний університет	25	15	15	0	15	0	0	0
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля	75	15	15	0	125	0	1	1
Керченський державний морський технологічний університет	40	7	8	1	15	2	0	-2
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»	90	38	38	0	60	1	3	2
Українська державна академія залізничного транспорту	100	50	36	-14	100	15	21	6
Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»	20	15	15	0	20	0	2	2
Одеська національна академія харчових технологій	0	0	0	0	0	0	0	0
Донбаська державна машинобудівна академія	75	20	20	0	110	0	0	0
Херсонський національний технічний університет	50	0	0	0	60	0	1	1
Запорізький національний технічний університет	25	15	15	0	30	2	0	-2
Державний економіко-технологічний університет транспорту	50	18	18	0	50	10	10	0
Національний університет «Львівська політехніка»	180	50	51	1	120	0	0	0
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»	310	88	92	4	320	13	13	0
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	175	50	50	0	150	5	22	17
Українська інженерно-педагогічна академія	0	0	0	0	0	0	0	0
Національна металургійна академія України	90	7	7	0	100	0	0	0
Вінницький національний технічний університет	90	25	23	-2	50	3	3	0
Хмельницький національний університет	40	15	15	0	25	3	3	0
Красноармійський індустріальний інститут державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет»	25	15	15	0	25	10	20	10
Одеська національна морська академія	0	0	0	0	0	0	0	0
Національний технічний університет України	315	135	136	1	150	0	0	0



Назва ЗВО	Денна форма				Заочна форма			
	Л	Д	З	Δ	Л	Д	З	Δ
«Київський політехнічний інститут»								
Донецький національний технічний університет	150	75	75	0	0	0	0	0
Одеський національний політехнічний університет	175	46	46	0	175	5	5	0
Харківський національний автомобільно-дорожній університет	50	15	15	0	50	0	0	0
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського	160	30	30	0	160	10	25	15
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова	50	0	0	0	25	0	0	0
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка	90	20	29	9	65	0	8	8
Донбаський державний технічний університет	90	33	33	0	20	0	2	2
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна	125	38	41	3	125	8	8	0
Київський національний університет технологій та дизайну	50	20	19	-1	25	3	3	0
Харківська національна академія міського господарства	125	40	40	0	350	8	25	17
Приватний вищий навчальний заклад «Новокаховський політехнічний інститут»	20	0	0	0	30	0	1	1
Приватний вищий навчальний заклад «Перший Український морський інститут»	25	0	5	5	0	0	0	0
Криворізький коледж Національного авіаційного університету	0	0	0	0	0	0	0	0
Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»	190	60	63	3	90	10	12	2
Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут (м. Артемівськ, м. Слов'янськ), Української інженерно-педагогічної академії	0	0	0	0	30	0	1	1
Херсонська державна морська академія	75	15	17	2	75	5	11	6
Дніпродзержинський державний технічний університет	85	20	20	0	85	5	15	10
Разом:	3235	990	1002	12	2830	118	215	97

Л – ліцензійний обсяг, Д – обсяг державного замовлення, З – кількість абітурієнтів, зарахованих на перший курс, Δ=З-Д – перевищення кількості зарахованих на перший курс абітурієнтів над обсягом державного замовлення.

## Додаток Б

## Бланк експертного опитування



1. Розташуйте групи компетенцій за значущістю (0 – найвища, 2 – найнижча):

- загальнонаукові;
- загальнопрофесійні;
- спеціалізовано-професійні.

2. Розташуйте компетенції у групі «Загальнонаукові» за значущістю (0 – найвища, 2 – найнижча):

- компетенції у прикладній математиці;
- компетенції в інформаційно-комунікаційних технологіях;
- компетенції у фундаментальних науках.

3. Розташуйте компетенції у групі «Загальнопрофесійні» за значущістю (0 – найвища, 3 – найнижча):

- застосування різних способів подання моделей;
- критичне мислення;
- розв’язання професійних задач засобами інформаційно-комунікаційних технологій;
- компетенції в електричних машинах.

4. Розташуйте компетенції у групі «Спеціалізовано-професійні» за значущістю (0 – найвища, 4 – найнижча):

- компетенції у моделюванні електроенергетичних об’єктів, систем та процесів у них;
- компетенції з аналізу процесів в енергетичному обладнанні;
- компетенції у прийнятті рішень з управління режимами електроенергетичних об’єктів та систем
- компетенції у застосовуванні результатів аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об’єктах;
- компетенції у моделюванні електромеханічних систем.

5. Якої компетенції, на Вашу думку, не вистачає?

---

6. Яка компетенція, на Вашу думку, зайва?

---

## Додаток В

### Список закладів вищої освіти та установ, у яких упроваджено результати дослідження

1. Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»
2. Криворізький інститут Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління
3. Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій
4. Державний інститут підготовки та перепідготовки кадрів промисловості
5. ТОВ «КВМШ плюс»
6. Класичний приватний університет (м. Запоріжжя)



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Державний вищий навчальний заклад  
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**КРИВОРІЗЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ ІНСТИТУТ**

50006, Дніпропетровська обл., м. Кривий Ріг, вул. Революційна, 7, тел. (056)-409-73-61, факс (056) 409-73-56  
E-mail: kmiknu@gmail.com

01. 02. 2013 № 04-16

На № \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

*Модло Євгенія Олександровича*

на кафедрі автоматизованого управління металургійними процесами та електроприводом ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Починаючи з 2007/2008 н. р., результати дисертаційного дослідження Є. О. Модло впроваджуються у навчальний процес Криворізького металургійного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет» за денною та заочною формами навчання за напрямками підготовки 6.050702 – електромеханіка, 6.050202 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Зокрема, Є. О. Модло були дібрані мобільні Інтернет-пристрої та програмні засоби навчання моделювання електромеханічних систем, побудовано мобільне навчальне середовище на основі Ulteo OVD, спроектовано методику використання мобільних Інтернет-пристроїв у навчанні моделювання бакалаврів електромеханіки, розроблені спеціальні засоби навчання моделювання електромеханічних систем.

Матеріали навчального курсу «Моделювання електромеханічних систем» також впроваджуються у навчальний процес кафедри електромеханіки, кафедри автоматизованого електроприводу електротехнічного факультету ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Результати впровадження розробленої Є. О. Модло методики використання мобільних Інтернет-пристроїв показали її ефективність у процесі навчання за різними напрямками підготовки..

Директор Криворізького металургійного інституту ДВНЗ  
«Криворізький національний університет»

д. т. н. , проф.



В. Й. Засельський

**КРИВОРІЗЬКІЙ ІНСТИТУТ**  
**Кременчуцького університету**  
**ЕКОНОМІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ І УПРАВЛІННЯ**



**KRIVYI RIH INSTITUTE**  
**of Kremenchuk University of**  
**ECONOMICS, ADVANCED TECHNOLOGIES**  
**AND MANAGEMENT**

Україна  
 50006, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.  
 вул. Революційна, 5  
 тел. 92-97-14  
 p/p 260003925 в КФ АППБ "Аваль" м. Кривий Ріг  
 МФО 306748, Код ОКПО 26048814

Ukraine  
 50006, Kriviy Rih, Dnipropetrovsk region  
 5, Revolutsiyna str.  
 tel. 92-97-14  
 a/c 260003925 in APPB "Aval" of Kriviy Rih  
 MFO 306748, Code 26048814

*1 листопада 2013 р.* № *5*  
 на *від*  
 to № \_\_\_\_\_ from \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
*Модло Євгенія Олександровича*  
 у Криворізькому інституті Кременчуцького університету економіки,  
 інформаційних технологій та управління

Результати дисертаційного дослідження Є. О. Модло використовуються на кафедрі технічної кібернетики КІ КУЕІТУ у процесі підготовки бакалаврів за напрямом підготовки 6.050201 «Системна інженерія» у наступних курсах:

– «Персональні комп'ютери» та «Обчислювальна техніка» – використовуються МІД та ПЗ, дібране дисертантом;

– «Теорія автоматичного управління», «Програмні засоби систем управління», «Оптимальні та адаптивні системи» – використовуються мобільні програмні та апаратні засоби навчання на основі розробленої дисертантом методики.

Апробація матеріалів авторського курсу моделювання виконувалась у 2010–2012 рр. викладачами кафедри технічної кібернетики В. В. Батарєєвим, І. Н. Вдовиченко та М. А. Кисловою на денній та заочній формах навчання.

Розроблене та адаптоване Є. О. Модло мобільне програмне забезпечення для моделювання електромеханічних систем використовується також у процесі дипломного проектування та для забезпечення самостійної роботи студентів.

Директор Криворізького інституту  
 ПВНЗ «Кременчуцький університет економіки,  
 інформаційних технологій та управління»  
 к. т. н., професор



*[Signature]*  
 В. Г. Григор'єва



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

вул. Кіашка, 16-б м. Запоріжжя  
 Код ЄДРПУ 22115979

Тел. / Факс: (061) 239-90-01

№ 189  
 від «09» листопада 2014 р

**ДОВІДКА**

про впровадження методики використання  
 мобільних Інтернет-пристроїв у процесі навчання моделювання, розробленої  
*Модло Євгенієм Олександровичем,*  
 у Запорізькому інституті економіки та інформаційних технологій

Впровадження розробленої Є. О. Модло методики використання мобільних Інтернет-пристроїв здійснювалось у процесі навчання дисциплін «Моделювання», «Комп'ютерне моделювання», «Технології розробки додатків до мобільних пристроїв» для студентів 3–5 курсів спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі». При цьому на кафедрі економічної кібернетики та комп'ютерних систем і мереж (завідувач кафедри – к. т. н., доц. І. А. Котов) використовувався налаштований Є. О. Модло сервер для організації мобільного доступу до програмного забезпечення підтримки навчання моделювання.

Викладачі кафедри та студенти відзначають високий рівень адаптовності запропонованих програмних засобів до різних типів мобільних Інтернет-пристроїв.

Ректор



Г. В. Туровцев



## ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ ПІДГОТОВКИ ТА ПЕРЕПІДГОТОВКИ КАДРІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

49005, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4  
Тел./факс (0562) 36-07-64, 46-05-19 E-mail: gipo@gipo.dp.ua

Від "01" 02 2003 р. № 39-134  
на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
**Модло Євгенія Олександровича** на Криворізькому факультеті  
Державного інституту підготовки та перепідготовки кадрів промисловості

У процесі роботи на посаді старшого викладача Криворізького факультету Державного інституту підготовки та перепідготовки кадрів промисловості Євгеній Олександрович Модло у 2003–2012 рр. впровадив у навчальний процес спеціальностей 7.092501 «Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами» та 7.18010001 «Якість, стандартизація та сертифікація» (профіль «Автоматизоване управління технологічними процесами та якістю продукції на підприємстві») елементи авторської методики застосування мобільних Інтернет-пристроїв у навчанні моделювання в курсах «Оптимальні системи управління», «Комп'ютерно-інтегровані системи управління» та «Автоматизація бізнес-процесів».

Результати дослідження обговорювались на науковому семінарі факультету (м. Кривий Ріг) та кафедри кафедра автоматизації, енергетики та управління якістю ДІПО (м. Дніпропетровськ).

Адміністрований Є. В. Модло сервер надає відкритий доступ до мобільних засобів навчання моделювання, адаптованих до використання на мобільних Інтернет-пристроях, що створює умови для забезпечення позааудиторної навчальної діяльності студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання.

Декан Криворізького факультету  
Державного інституту підготовки та  
перепідготовки кадрів промисловості  
д. т. н., проф.



О. Д. Учитель





KVMSh plus ltd, 5, Revoljucijna Str. Kryvyj Rih, Ukraine, 50006  
 Tel\fax: +38 056 4047872, e-mail: [info@kvmsch.com.ua](mailto:info@kvmsch.com.ua) [www.kvmsch.com.ua](http://www.kvmsch.com.ua)  
 ТОВ КВМШ плюс, вул. Революційна, 5, м. Кривий Ріг, Україна, 50006  
 Тел\факс: +38 056 4047872, e-mail: [info@kvmsch.com.ua](mailto:info@kvmsch.com.ua)  
[www.kvmsch.com.ua](http://www.kvmsch.com.ua)

Г No 7 от 23.01.2018

## ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
*Модло Євгенія Олександровича*  
 на проектно-виробничому підприємстві ТОВ «КВМШ плюс»

Починаючи з 2009 р., Є. О. Модло є провідним інженером відділу автоматизації проектно-виробничого підприємства «КВМШ плюс». Останні роки провідним напрямом виробничої діяльності відділу автоматизації, яким керує Є. О. Модло, є розробка та використання мобільних програмно-апаратних комплексів для ідентифікації, діагностування та управління електромеханічним обладнанням.

Ураховуючи науково-виробничі інтереси Є. О. Модло, на базі Інтернет-серверу «КВМШ плюс» розгорнуто відкрите мобільне освітнє середовище, що використовується для корпоративного навчання, у процесі моделювання електромеханічних систем, так й у навчально-науковому процесі Криворізького металургійного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет». Використання спроектованого Є. О. Модло виробничо-наукового середовища моделювання показало доцільність та ефективність його застосування в умовах сучасних проектно-виробничих підприємств.

Директор



С. О. Учитель



## Додаток Г

### Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації

#### Список публікацій Є. О. Модло за темою дисертації «Застосування мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів»

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Модло Є. О. Компетентність бакалавра електромеханіки в моделюванні / Є. О. Модло // Вісник Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля. Серія: Педагогіка і психологія. – 2015. – № 1 (9). – С. 17-24, 294.
2. Модло Є. О. Зміст компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів / Модло Є. О. // Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси : Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2016. – № 17. – С. 64-70.
3. Модло Є. О. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ / Є. О. Модло, Ю. В. Єчкало, С. О. Семеріков, В. В. Ткачук // Наукові записки. – Випуск 11. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. – С. 93-100.
4. Modlo Ye. O. Interdisciplinary and modeling competencies as the components of fundamental and professional training of the electromechanics bachelors / Ye. O. Modlo // Актуальні питання природничо-математичної освіти. – 2018. – Вип. 1 (11). – С. 164-175. – DOI : 10.5281/zenodo.2109065
5. Модло Є. О. Мобільні засоби формування ІКТ-складової компетентності бакалавра електромеханіки в моделюванні технічних об'єктів / Є. О. Модло // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 4(18). – С. 115-

120. – DOI : 10.31110/2413-1571-2018-018-4-019

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Модло Є. О. Використання десктопних програм у хмарному середовищі / Є. О. Модло // Хмарні технології в освіті : матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 39.

7. Модло Є. О. Комп'ютерне моделювання в підготовці бакалаврів електромеханіки / Є. О. Модло // Комп'ютерне моделювання в освіті : матеріали VI Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 12 квітня 2013 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2013. – С. 25-26.

8. Модло Є. О. Мехатроніка як новий напрям підготовки фахівців з електромеханіки / Є. О. Модло // Сталий розвиток промисловості та суспільства : матеріали міжнародної науково-технічної конференції / Міністерство освіти і науки України ; ДВНЗ «Криворізький національний університет». – Кривий Ріг, 2015. – Том 2. – С. 32-33.

9. Модло Є. О. До визначення поняття мобільного Інтернет-пристрою [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2015». 10 грудня 2015 року / за заг. ред. проф. Бикова В. Ю. та Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України. – К. : ІТЗН НАПН України, 2015. – С. 37-38. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф\\_Наукова%20молодь%202015\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/704728/1/Збірник%20конф_Наукова%20молодь%202015_1.pdf).

10. Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення рівного доступу до освіти та персоналізації навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2016». 15 грудня 2016 року / за заг. ред. проф. Спіріна О. М. ; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії

педагогічних наук України, Рада молодих вчених. – К. : ІТЗН НАПН України, 2016. – С. 122-125. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник\\_конф\\_Наукова\\_молодь\\_2016\\_1.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/707095/1/Збірник_конф_Наукова_молодь_2016_1.pdf).

11. Ткачук В. В. Технологія доповненої реальності у мобільному навчальному середовищі ВНЗ / Ткачук В. В., Семеріков С. О., Єчкало Ю. В., Модло Є. О. // Засоби і технології сучасного навчального середовища : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 19-20 травня 2017 року / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Гомельський державний університет імені Ф. Скоріни, Грузинський технічний університет, Софійський технічний університет «Св. Климент Охридски», Кіровоградський ОІППО імені Василя Сухомлинського ; відповідальний редактор : С. П. Величко. – Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2017. – С. 39-41.

12. Модло Є. О. Засоби доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі професійно-практичної підготовки / Є. О. Модло, А. М. Стрюк, С. О. Семеріков // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Професійна педагогіка і андрогогіка: актуальні питання, досягнення та інновації». 20-21 листопада 2017 року / за ред. О. О. Лаврентьєвої, Т. М. Мішеніної. ; Кривий Ріг, 2017. – С. 31-34.

13. Модло Є. О. Використання мобільних Інтернет-пристроїв для забезпечення зворотного зв'язку та оцінювання результатів навчання [Електронний ресурс] / Модло Є. О. // Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017». 14 грудня 2017 року / за ред. Спіріна О. М. та Яцишин А. В. – К. : ІТЗН НАПН України, 2017. – С. 171-174. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник\\_конф\\_Наукова\\_молодь\\_2017.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/709994/1/Збірник_конф_Наукова_молодь_2017.pdf).

14. Модло Є. О. Засоби мобільного доступу до Scilab [Електронний ресурс] / Є. О. Модло, С. О. Семеріков, О. В. Сироватський // Міжнародна

науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2018)». 17-18 травня 2018 року [Електронне мережне наукове видання]: збірник матеріалів. – Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2018. – С. 348-358. – Режим доступу : [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmovc/pmovc-2018_netpub.pdf).

15. Modlo Ye. O. Xcos on Web as a promising learning tool for Bachelor's of Electromechanics modeling of technical objects [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov // Cloud Technologies in Education : Proceedings of the 5th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2017). Kryvyi Rih, Ukraine, April 28, 2017 / Edited by : Serhiy O. Semerikov, Mariya P. Shyshkina. – P. 34-41. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2168). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2168/paper6.pdf>.

16. Modlo Ye. O. Modernization of Professional Training of Electromechanics Bachelors: ICT-based Competence Approach [Electronic resource] / Yevhenii O. Modlo, Serhiy O. Semerikov, Ekaterina O. Shmeltzer // Augmented Reality in Education : Proceedings of the 1st International Workshop (AREdu 2018). Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Vladimir N. Soloviev. – P. 148-172. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2257). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2257/paper15.pdf>.

17. Модло Є. О. Модель використання мобільних Інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів електромеханіки моделювання технічних об'єктів / Є. О. Модло // Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ\*плюс – 2018» : матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції (8–9 листопада 2018 року, м. Суми) : у 2-х томах / упорядн. Чашечникова О. С. ; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Інститут педагогіки НАПН України, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Державний Університет Кенесо (м. Кенесо, США), Мозирський державний педагогічний університет імені І. П. Шамякіна

(Беларусь), Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г Шевченка, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Факультет математики та інформатики Пловдивського університету ім. Паїсія Хілендарського (Болгарія), Науково-дослідна лабораторія змісту і методів навчання математики, фізики, інформатики (СумДПУ ім. А. С. Макаренка). – Том 2. – Суми : ФОП Цьома С. П., 2018. – С. 47-48.

18. Syrovatskyi O. V. Augmented reality software design for educational purposes / Oleksandr V. Syrovatskyi, Serhiy O. Semerikov, Yevhenii O. Modlo, Yuliia V. Yechkalo, Snizhana O. Zelinska // Computer Science & Software Engineering : Proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, 2018 / Edited by : Arnold E. Kiv, Serhiy O. Semerikov, Vladimir N. Soloviev, Andrii M. Striuk. – P. 193-225. – (CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2292). – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2292/paper20.pdf>.

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації*

19. Модло Є. О. Розробка фільтру SageMath для Moodle / Євгеній Олександрович Модло, Сергій Олексійович Семеріков // Новітні комп'ютерні технології. – Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2014. – Том XII : спецвипуск «Хмарні технології в освіті». – С. 233-243.

20. Модло Є. О. Проектування системи компетенцій бакалавра електромеханіки в моделюванні / Модло Є. О. // Інформаційні технології в освіті та науці : збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького. – Випуск 7. – Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – С. 111-116.

21. Модло Є. О. Електронні таблиці як засіб навчання нейромережевого моделювання технічних об'єктів бакалаврів електромеханіки / Євгеній Олександрович Модло, Ілля Олександрович Теплицький, Сергій Олексійович

Семеріков // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики.  
– Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний  
університет», 2015. – Том XIII. – Випуск 3 (37). – С. 182-196.

22. Модло Є. О. Комп'ютерна програма «Фільтр SageCell для Moodle»  
(«SageCell») : свідоцтво № 86664 від 11.03.2019 про реєстрацію авторського  
права на твір / Модло Євгеній Олександрович, Семеріков Сергій Олексійович  
// Авторське право і суміжні права. – 2019. – Офіційний бюлетень № 52. –  
С. 1064.

*Таблиця Г.1*

**Відомості про апробацію результатів дисертації Є. О. Модло на тему  
«Застосування мобільних інтернет-пристроїв у навчанні бакалаврів  
електромеханіки моделювання технічних об'єктів»**

<b>Назва конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи</b>	<b>Місце та дата проведення</b>	<b>Форма участі</b>
Всеукраїнський науково-методичний Інтернет-семінар «Хмарні технології в освіті»	м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 21 грудня 2012 року	очна
VI Всеукраїнський науково-методичний семінар «Комп'ютерне моделювання в освіті»	м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 12 квітня 2013 року	очна
Міжнародний семінар «Хмарні технології в освіті» STE'2013	м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 20 грудня 2013 р.	очна
Міжнародний семінар «Хмарні технології в освіті» STE'2014	м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет», 26 грудня 2014 р.	очна
Міжнародна науково-технічна конференція «Сталий розвиток промисловості та суспільства»	м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізь- кий національний університет», 20-22 травня 2015 року	очна
VII Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті та науці»	м. Мелітополь, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 23-24 квітня 2015 року	дистанційна
III Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Наукова молодь»	м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 10 грудня 2015 року	заочна



Назва конференції, конгресу, симпозиуму, семінару, школи	Місце та дата проведення	Форма участі
IV Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Наукова молодь»	м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 15 грудня 2016 року	заочна
Всеукраїнський науково-практичний вебінар «Організаційно-педагогічні умови створення електронних навчальних ресурсів для професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників машинобудівної галузі в інформаційно-освітньому середовищі ПТНЗ»	м. Кривий Ріг, Державний навчальний заклад «Криворізький центр професійної освіти металургії та машинобудування», 19 жовтня 2016 року	очна
Всеукраїнський науково-практичний вебінар «Модернізація професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників із використанням електронних навчальних ресурсів в інформаційно-освітньому середовищі ПТНЗ»	м. Кривий Ріг, Державний навчальний заклад «Криворізький центр професійної освіти металургії та машинобудування», 23 лютого 2017 року	очна
5th Workshop on Cloud Technologies in Education (СТЕ 2017)	м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 28 квітня 2017 року	очна
Міжнародна науково-практична конференція «Засоби і технології сучасного навчального середовища»	м. Кропивницький, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, 19-20 травня 2017 року	очна
Міжнародна науково-практична конференція «Професійна педагогіка і андрагогіка: актуальні питання, досягнення та інновації»	м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 20-21 листопада 2017 року	очна
V Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Наукова молодь»	м. Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 14 грудня 2017 року	заочна
Міжнародна науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності»	м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 17-18 травня 2018 року	дистанційна
1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018)	м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2 жовтня 2018 року	очна
III Міжнародна науково-методична конференція «Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу» «ІТМ*плюс – 2018»	м. Суми, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 8–9 листопада 2018 року	дистанційна
1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2018)	м. Кривий Ріг, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 30 листопада 2018 року	очна

## Додаток Д

## Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір

УКРАЇНА



**СВІДОЦТВО**  
про реєстрацію авторського права на твір

№ 86664

Комп'ютерна програма "Фільтр SageCell для Moodle" ("SageCell")  
(вид, назва твору)

Автор(и) Модло Євгеній Олександрович, Семеріков Сергій Олексійович  
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 11.03.2019



Державний секретар Міністерства  
економічного розвитку і торгівлі  
України О. Ю. Перевезенцев