

МИХАЙЛО ЛУЧКЕВИЧ
ORCID ID: 0000-0002-2196-252X

luchkevychmm@gmail.com

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери, 12, Львів

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТУДЕНТСЬКИХ DEVOPS-ПРОЄКТІВ У СИСТЕМІ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

У статті досліджено проблему оцінювання ефективності студентських DevOps-проектів у системі проєктно-орієнтованого навчання. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації освітніх програм підготовки фахівців з інформаційних технологій до сучасних інженерних практик розроблення програмного забезпечення, зокрема методології DevOps, що передбачає інтеграцію процесів розроблення, тестування, інтеграції та розгортання програмних систем.

Метою дослідження є розроблення педагогічної моделі оцінювання ефективності студентських DevOps-проектів. Запропонована модель ґрунтується на поєднанні результативних і процесних показників, що дозволяє комплексно оцінювати як якість програмного продукту, так і ефективність організації DevOps-процесу та командної взаємодії.

Для досягнення поставленої мети використано комплекс методів дослідження, зокрема аналіз наукових джерел, метод експертного оцінювання для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, а також педагогічний експеримент. Експертне оцінювання проводилося із залученням фахівців у галузі інформаційних технологій та DevOps і передбачало визначення значущості критеріїв за 10-бальною шкалою з подальшим нормуванням результатів. На основі отриманих даних сформовано систему критеріїв оцінювання, що включає функціональність програмної системи, якість програмного коду, використання DevOps-практик, автоматизоване тестування, командну взаємодію та документацію проєкту.

Ефективність запропонованої моделі перевірено в межах педагогічного експерименту, у якому взяли участь студенти спеціальності «Інформаційні системи та технології», поділені на контрольну та експериментальну групи. Експеримент тривав протягом одного семестру та передбачав виконання курсового DevOps-проекту із використанням сучасних інструментів автоматизації розроблення програмного забезпечення. Для підтвердження результатів застосовано статистичний аналіз, зокрема порівняння середніх значень показників та перевірку їх значущості.

Результати дослідження засвідчили підвищення показників якості виконання DevOps-проектів у студентів експериментальної групи, особливо за критеріями використання DevOps-практик, автоматизованого тестування та командної взаємодії. Запропонована модель забезпечує більш об'єктивне оцінювання результатів навчання, сприяє формуванню професійних компетентностей студентів і може бути використана для вдосконалення системи оцінювання курсових і дипломних проєктів у закладах вищої освіти.

Ключові слова: DevOps, проєктно-орієнтоване навчання, оцінювання проєктів, педагогічна модель, курсовий проєкт.

MYKHAILO LUCHKEVYCH
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Lviv Polytechnic National University
12 S. Bandera Str., Lviv

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF STUDENT DEVOPS PROJECTS IN A PROJECT-BASED LEARNING SYSTEM

The article discusses the challenge of assessing the effectiveness of student DevOps projects within a project-based learning framework for the training of future IT professionals. The study's relevance stems from the rapid growth of the digital economy and the increasing adoption of DevOps methodologies in the software industry, necessitating the adaptation of educational programmes. Using DevOps methodology in education enables the combination of theoretical training with practical activities, the organisation of teamwork and the development of continuous integration and automation skills in software development processes.

This study aims to develop a pedagogical model for evaluating the effectiveness of student DevOps projects. This model is based on a system of weighted criteria and an overall evaluation indicator. The effectiveness of this model will be tested in the context of project-oriented learning.

This study employs a systematic approach involving the analysis of scientific sources on DevOps and project-oriented learning. It also incorporates expert assessment to determine the weighting coefficients of assessment criteria and a pedagogical experiment.

The study resulted in the development of a pedagogical model for evaluating student DevOps projects, combining performance and process indicators of project implementation. This model includes assessment criteria such as the functionality of the software system, the quality of the software code, the use of DevOps practices, automated testing, team interaction and project documentation. A weighting coefficient is determined for each criterion based on expert assessment. The overall effectiveness of a DevOps project is determined using an integral indicator, calculated as the weighted sum of the individual criteria assessments. The results of the pedagogical experiment showed an increase in quality indicators for course projects among students in the experimental group, particularly with regard to the use of DevOps practices, automated testing and team interaction.

he proposed assessment model has high pedagogical potential for integrating the DevOps approach into the training of future IT specialists. Using it contributes to the objectivity of student project assessment, the development of professional competencies and the formation of teamwork skills and software development process automation. Further research should focus on expanding the system of metrics for evaluating DevOps projects and on using automated analysis of software code repository data in the educational process.

Key words: DevOps, project-oriented learning, project assessment, pedagogical model, course project.

Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується трансформацією підходів до розроблення програмного забезпечення. Однією з найбільш поширених сучасних практик є DevOps, що поєднує процеси розроблення, тестування, інтеграції та експлуатації програмних систем у безперервному циклі створення та вдосконалення програмного продукту [9].

У зв'язку з цим виникає потреба адаптації освітніх програм підготовки фахівців з інформаційних технологій до сучасних інженерних практик. Одним із ефективних способів інтеграції DevOps-підходу в освітній процес є використання проектно-орієнтованого навчання, у межах якого студенти виконують командні програмні проекти, що моделюють реальні процеси розроблення програмного забезпечення [1].

Однак впровадження DevOps-підходу у навчальний процес супроводжується проблемою об'єктивного оцінювання результатів студентських проектів. Традиційні методи оцінювання курсових проектів орієнтовані переважно на кінцевий програмний продукт і не враховують процесні аспекти DevOps-розроблення, такі як використання систем контролю версій, автоматизоване тестування, безперервна інтеграція та командна взаємодія.

Отже, виникає науково-практична проблема розроблення педагогічно обґрунтованої моделі оцінювання ефективності студентських DevOps-проектів, яка дозволяє комплексно оцінювати як результати програмної розробки, так і процес організації командної роботи.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій відповідно до сучасних інженерних практик програмної індустрії. DevOps-підхід дедалі активніше використовується у професійній діяльності програмних інженерів, що вимагає відповідної адаптації освітніх методик та систем оцінювання результатів навчання [5].

Проблематика впровадження DevOps у систему вищої освіти активно досліджується у сучасній науковій літературі. У численних дослідженнях наголошується, що інтеграція DevOps-практик у навчальний процес сприяє формуванню у студентів цілісного уявлення про життєвий цикл розроблення програмного забезпечення, розвитку системного мислення та вдосконаленню навичок командної роботи [7]. Використання інструментів безперервної інтеграції, автоматизованого тестування, контейнеризації та систем контролю версій дозволяє моделювати реальні умови професійної діяльності програмних інженерів і підвищує практичну спрямованість підготовки студентів [3].

У наукових працях підкреслюється ефективність використання проектно-орієнтованого навчання для підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій [10]. Такий підхід передбачає виконання студентами командних проектів, що імітують реальні процеси розроблення програмних систем, включаючи планування, реалізацію, тестування та розгортання програмного продукту. Проектно-орієнтоване навчання створює умови для інтеграції теоретичних знань із практичними навичками, формує відповідальність за результати спільної діяльності та сприяє розвитку професійних компетентностей, необхідних для роботи в сучасних ІТ-командах [8].

Окремі дослідження присвячені використанню DevOps-інструментів у навчальному процесі, зокрема систем контролю версій, платформ безперервної інтеграції та доставки (CI/CD), інструментів

автоматизованого тестування та моніторингу програмних систем [2]. Застосування таких технологій у навчанні дозволяє студентам отримати досвід роботи з сучасними інженерними практиками, що відповідають вимогам ІТ-індустрії, а також сприяє формуванню навичок співпраці, комунікації та управління проектною діяльністю.

Водночас аналіз наукових публікацій свідчить, що питання комплексного оцінювання результатів студентських DevOps-проектів досліджене недостатньо. Більшість досліджень зосереджується переважно на методичних аспектах організації DevOps-навчання або на використанні окремих інструментів автоматизації в освітньому процесі [4; 6]. Натомість значно менше уваги приділяється розробленню педагогічно обґрунтованих моделей оцінювання результатів проектної діяльності студентів.

Зокрема, у науковій літературі відсутні узагальнені підходи до оцінювання DevOps-проектів, які б одночасно враховували якість створеного програмного продукту, ефективність використання DevOps-практик, рівень командної взаємодії та результати навчальної діяльності студентів.

Мета статті полягає у розробленні та обґрунтуванні педагогічної моделі оцінювання ефективності студентських DevOps-проектів у системі проектно-орієнтованого навчання.

Таким чином, завданнями дослідження є аналіз наукових підходів до впровадження DevOps у систему вищої освіти та методів оцінювання проектної діяльності студентів; обґрунтування педагогічних засад і розроблення моделі оцінювання ефективності студентських DevOps-проектів на основі поєднання результативних і процесних показників; визначення системи критеріїв оцінювання, встановлення їх вагових коефіцієнтів і формування інтегрального показника оцінювання; а також експериментальна перевірка ефективності запропонованої моделі та аналіз результатів педагогічного експерименту.

Методологічною основою дослідження є системний, компетентнісний та діяльнісний підходи до організації освітнього процесу у вищій школі. Системний підхід дозволяє розглядати процес підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій як цілісну педагогічну систему, у межах якої поєднуються теоретична підготовка, практична діяльність студентів та результати навчання. Компетентнісний підхід орієнтує навчальний процес на формування професійних компетентностей, необхідних для ефективної діяльності у сфері програмної інженерії, зокрема навичок використання DevOps-практик, командної взаємодії та автоматизації процесів розроблення програмного забезпечення. Діяльнісний підхід передбачає організацію навчання через виконання практичних проектів, що моделюють реальні умови професійної діяльності програмних інженерів.

У дослідженні використано комплекс загальнонаукових і педагогічних методів, зокрема аналіз і узагальнення наукових джерел з проблематики DevOps та проектно-орієнтованого навчання, метод експертного оцінювання для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання студентських DevOps-проектів, а також педагогічний експеримент, спрямований на перевірку ефективності запропонованої моделі оцінювання у процесі виконання студентами курсових проектів.

Запропонована педагогічна модель оцінювання студентських DevOps-проектів ґрунтується на інтеграції результативних і процесних показників, що дозволяє здійснювати комплексне оцінювання навчальної діяльності студентів у межах проектно-орієнтованого навчання. Такий підхід відповідає сучасним вимогам підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій, оскільки DevOps передбачає не лише створення програмного продукту, але й організацію безперервного циклу розроблення, тестування, інтеграції та розгортання програмного забезпечення.

У структурі моделі виокремлено дві взаємопов'язані групи показників. Перша група охоплює результативні показники, що характеризують якість створеного програмного продукту. До них належать функціональність програмної системи, відповідність реалізованих функцій поставленим вимогам, стабільність роботи програмного забезпечення, а також якість програмного коду. Ці показники відображають кінцевий результат роботи студентської команди та рівень сформованості технічних компетентностей у сфері програмної інженерії.

Друга група включає процесні показники, які відображають ефективність організації DevOps-процесу під час виконання проекту. До таких показників належать використання систем контролю версій, застосування інструментів безперервної інтеграції та доставки (CI/CD), автоматизоване тестування програмного забезпечення, а також ефективність командної взаємодії студентів. Ці показники характеризують організаційні та технологічні аспекти розроблення програмних систем і демонструють здатність студентів працювати відповідно до сучасних практик програмної індустрії.

Поєднання результативних і процесних показників дозволяє оцінювати не лише кінцевий результат розроблення програмного продукту, але й сам процес виконання проекту, включаючи використання

сучасних інструментів автоматизації та організацію командної діяльності. Такий підхід забезпечує більш об'єктивне та комплексне оцінювання навчальних результатів студентів і сприяє формуванню професійних компетентностей, необхідних для ефективної роботи в DevOps-середовищі.

Щоб обґрунтувати вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання курсового DevOps-проєкту, у дослідженні використано метод експертного оцінювання, процедура якого була деталізована та структурована. До експертної групи було залучено 8 фахівців, серед яких викладачі дисциплін з DevOps, а також практикуючі спеціалісти IT-індустрії з досвідом роботи не менше 5 років. Відбір експертів здійснювався за критеріями професійної компетентності, досвіду участі у проєктній діяльності та обізнаності з сучасними DevOps-практиками.

Процедура експертного оцінювання проводилася у кілька етапів. На першому етапі експертам було надано перелік критеріїв оцінювання студентських DevOps-проєктів із їх описом та поясненням змісту кожного показника. Це дозволило забезпечити єдине розуміння критеріїв усіма учасниками експертного опитування. На другому етапі експерти здійснювали індивідуальне оцінювання значущості кожного критерію за 10-бальною шкалою, де 1 означало мінімальну важливість, а 10 – максимальну. Оцінювання проводилося незалежно, що дозволило уникнути взаємного впливу експертів і підвищити об'єктивність результатів.

На третьому етапі було здійснено узагальнення результатів експертного оцінювання шляхом обчислення середнього арифметичного значення для кожного критерію (табл. 1). Для підвищення надійності отриманих результатів також було проаналізовано узгодженість експертних оцінок (на рівні відхилень від середнього значення), що засвідчило достатній рівень консолідованості думок експертів.

Таблиця 1

Експертне визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання DevOps-проєкту

Критерій оцінювання	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Середнє значення
Функціональність програмної системи	9	10	9	9	10	9	9	10	9.38
Якість програмного коду	8	9	9	8	9	8	9	8	8.50
Використання DevOps-практик	9	9	10	9	9	10	9	9	9.25
Автоматизоване тестування	7	8	8	8	8	7	8	8	7.75
Командна взаємодія	6	7	7	6	7	7	6	7	6.63
Документація проєкту	6	6	7	6	6	6	7	6	6.25

Результати експертного оцінювання свідчать, що найбільшу вагу в оцінюванні студентського DevOps-проєкту має функціональність програмної системи, оскільки саме вона відображає відповідність розробленого програмного продукту поставленим вимогам. Високу значущість також мають якість програмного коду та використання DevOps-практик, що визначають ефективність організації процесу розроблення.

Меншу, але важливу частку в загальній оцінці становлять автоматизоване тестування, командна взаємодія та документація проєкту, які характеризують рівень професійної культури розроблення програмного забезпечення.

На основі отриманих результатів було сформовано систему вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання, що використовується для розрахунку інтегральної оцінки ефективності студентського DevOps-проєкту.

Для систематизації процесу оцінювання студентських DevOps-проєктів у межах проєктно-орієнтованого навчання запропоновано модель, яка поєднує процес виконання проєкту, використання DevOps-інструментів та систему педагогічного оцінювання результатів. Узагальнену структуру такої моделі подано на рис. 1.

Запропонована модель демонструє взаємозв'язок між процесом виконання студентського DevOps-проєкту та системою його оцінювання. У моделі поєднуються дві групи показників: процесні DevOps-метрики, що характеризують ефективність процесів розроблення та інтеграції програмного забезпечення, і педагогічні критерії, які відображають якість програмного продукту та рівень командної взаємодії студентів.

Інтеграція цих двох груп показників дозволяє сформувати комплексну оцінку результатів виконання курсового проєкту та визначити рівень сформованості DevOps-компетентності студентів. Такий підхід забезпечує більш об'єктивне оцінювання навчальних результатів і відображає як технічні, так і організаційні аспекти діяльності студентських команд.

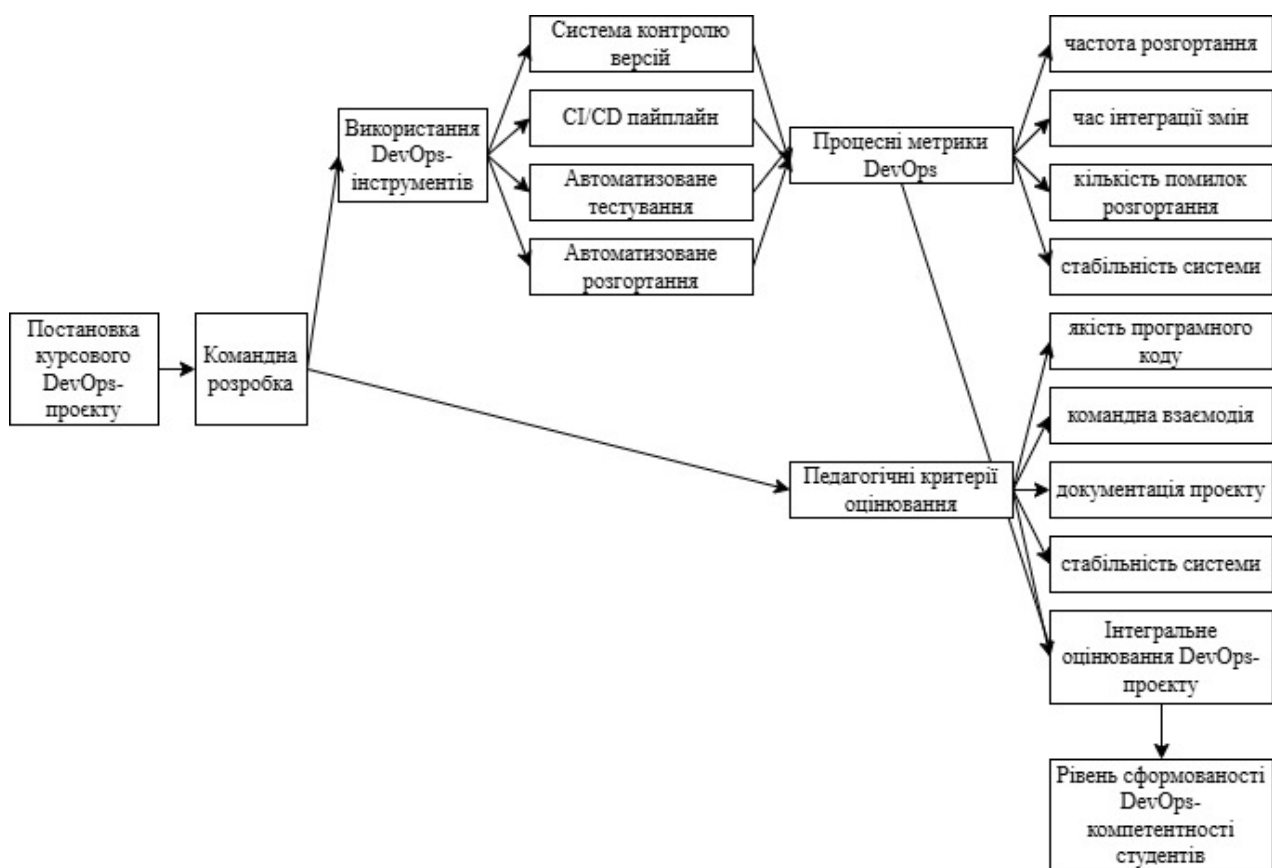


Рис. 1. Модель оцінювання DevOps-проекту у проектно-орієнтованому навчанні

На основі узагальнення результатів, представлених на рис. 1, а також аналізу експертного визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання, поданих у табл. 1, було сформовано систему критеріїв оцінювання студентських DevOps-проектів. Розроблена система враховує як результати створення програмного продукту, так і процес організації DevOps-діяльності студентських команд під час виконання курсового проекту.

Зокрема, концептуальна модель оцінювання DevOps-проекту демонструє взаємозв'язок між процесом виконання студентського проекту, використанням DevOps-інструментів та системою педагогічного оцінювання результатів навчальної діяльності. Водночас результати експертного оцінювання дозволили визначити відносну значущість окремих критеріїв оцінювання та встановити відповідні вагові коефіцієнти.

У результаті синтезу отриманих даних було сформовано систему критеріїв оцінювання, яка забезпечує комплексне оцінювання ефективності виконання студентських DevOps-проектів у межах проектно-орієнтованого навчання. Запропонована система критеріїв подана у табл. 2.

Таблиця 2

Критерії оцінювання студентських DevOps-проектів

Критерій	Зміст критерію	Вага (%)
Функціональність програмної системи	відповідність програмного продукту вимогам проекту	25
Якість програмного коду	структурованість коду, використання стандартів програмування	20
Використання DevOps-практик	застосування CI/CD, систем контролю версій, автоматизації	20
Автоматизоване тестування	наявність тестів та покриття коду	15
Командна взаємодія	ефективність співпраці студентів	10
Документація	повнота технічної документації	10

Загальна ефективність DevOps-проекту визначається як інтегральний показник:

$$E = \sum_{i=1}^n w_i \cdot s_i$$

де E – інтегральна оцінка DevOps-проєкту; w_i – ваговий коефіцієнт критерію; s_i – оцінка за відповідним критерієм.

Для перевірки ефективності запропонованої моделі оцінювання студентських DevOps-проєктів у Національному університеті «Львівська політехніка» було проведено педагогічний експеримент під час виконання студентами курсового проєкту з дисципліни «Розгортання інформаційних систем». Метою експерименту було визначення впливу розробленої системи критеріїв оцінювання з ваговими коефіцієнтами на результати навчальної діяльності студентів і якість виконання командних програмних проєктів.

У дослідженні взяли участь дві групи студентів спеціальності F6 «Інформаційні системи та технології». Загальний обсяг вибірки становив 48 студентів, які були поділені на дві групи: контрольну (24 студенти) та експериментальну (24 студенти). Педагогічний експеримент тривав протягом одного семестру (15 навчальних тижнів) і охоплював повний цикл виконання курсового DevOps-проєкту.

Формування груп здійснювалося за принципом порівняльності навчальних результатів та рівня підготовки студентів. Навчальний процес у контрольній та експериментальній групах організовувався за однаковими навчальними програмами та передбачав виконання курсового проєкту, що моделював повний цикл розроблення програмного продукту.

У контрольній групі оцінювання результатів курсового проєкту здійснювалося за традиційною системою, яка переважно враховувала кінцевий результат програмної розробки, функціональність програмного продукту та якість програмного коду. У експериментальній групі застосовувалася запропонована модель оцінювання, що передбачає використання системи критеріїв із ваговими коефіцієнтами та враховує як результативні, так і процесні аспекти виконання DevOps-проєкту.

Під час виконання курсового проєкту студенти працювали у командах, використовуючи сучасні інструменти DevOps, що відображають практики реальної індустрії програмного забезпечення. Зокрема, для організації спільної розробки застосовувалися системи контролю версій Git із використанням платформ GitHub або GitLab, що забезпечували керування репозиторіями, контроль змін коду та підтримку командної взаємодії через механізми pull/merge request.

Для реалізації процесів безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) використовувалися інструменти GitHub Actions, GitLab CI/CD або Jenkins, які дозволяли автоматизувати збірку проєкту, запуск тестів і розгортання програмного забезпечення. Автоматизоване тестування здійснювалося із застосуванням фреймворків JUnit, що забезпечувало перевірку функціональності програмного продукту та підвищення якості коду.

Для контейнеризації та розгортання застосовувалися технології Docker, а в окремих проєктах – елементи оркестрації контейнерів (наприклад, Docker Compose), що дозволяло моделювати сучасні підходи до розгортання програмних систем. Організація командної взаємодії здійснювалася за допомогою інструментів управління проєктами та комунікації, таких як Jira, Trello, Slack, що сприяло координації роботи студентських команд і розподілу завдань.

Використання зазначених інструментів забезпечило наближення навчального процесу до реальних умов професійної діяльності DevOps-інженерів та сприяло формуванню у студентів практичних навичок роботи з сучасними технологіями розроблення програмного забезпечення.

Для кількісної оцінки ефективності запропонованої моделі було проведено статистичний аналіз результатів навчання студентів. Зокрема, здійснено порівняння середніх значень показників оцінювання за визначеними критеріями у контрольній та експериментальній групах. Додатково було застосовано критерій Стюдента (t-критерій) для незалежних вибірок з метою перевірки статистичної значущості відмінностей між групами.

Результати статистичного аналізу показали, що за більшістю критеріїв (зокрема використання DevOps-практик, автоматизоване тестування та командна взаємодія) відмінності між контрольної та експериментальною групами є статистично значущими ($p < 0,05$). Це свідчить про те, що застосування запропонованої моделі оцінювання має позитивний вплив на результати навчальної діяльності студентів та сприяє підвищенню ефективності виконання DevOps-проєктів.

Результати педагогічного експерименту було узагальнено шляхом визначення середніх показників оцінювання студентських DevOps-проєктів у контрольній та експериментальній групах. Отримані дані подано в табл. 3.

Аналіз результатів педагогічного експерименту свідчить про позитивну динаміку показників у студентів експериментальної групи. Найбільш помітні зміни спостерігаються за критеріями використання

Середні результати оцінювання студентських DevOps-проектів

Критерій	Контрольна група	Експериментальна група
Функціональність	78	89
Якість коду	74	87
DevOps-практики	63	91
Тестування	69	86
Командна робота	76	90
Документація	72	85

DevOps-практик та автоматизованого тестування, що пояснюється активним застосуванням інструментів безперервної інтеграції та автоматизації процесів розроблення програмного забезпечення. Також спостерігається підвищення показників командної взаємодії студентів, що є важливим компонентом DevOps-культури та ефективної організації командної роботи.

Порівняння результатів контрольної та експериментальної груп демонструє, що використання запропонованої моделі оцінювання сприяє більш усвідомленому застосуванню студентами DevOps-практик, підвищенню якості програмного коду та покращенню організації процесу розроблення програмного забезпечення. Крім того, запропонована система критеріїв дозволяє забезпечити більш об'єктивне та комплексне оцінювання результатів навчальної діяльності студентів.

Отримані результати педагогічного експерименту підтверджують ефективність використання DevOps-підходу у проектно-орієнтованому навчанні та свідчать про доцільність застосування розробленої моделі оцінювання під час виконання курсових і дипломних проектів у процесі підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій.

Отже, у результаті проведеного дослідження розроблено педагогічну модель оцінювання студентських DevOps-проектів у системі проектно-орієнтованого навчання, спрямовану на підвищення ефективності підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій. Запропонована модель враховує сучасні тенденції розвитку програмної інженерії та орієнтована на інтеграцію DevOps-практик у навчальний процес закладів вищої освіти.

Основою розробленої моделі є система критеріїв оцінювання з визначеними ваговими коефіцієнтами, що дозволяє здійснювати комплексне оцінювання результатів виконання студентських DevOps-проектів. Такий підхід забезпечує врахування не лише результативних характеристик програмного продукту, зокрема його функціональності та якості програмного коду, але й процесних аспектів організації DevOps-діяльності, серед яких використання інструментів безперервної інтеграції, автоматизованого тестування, систем контролю версій та ефективність командної взаємодії студентів. Використання інтегрального показника оцінювання дозволяє узагальнити результати оцінювання за окремими критеріями та забезпечує більш об'єктивне визначення рівня сформованості професійних компетентностей студентів.

Важливим результатом дослідження стало визначення структури критеріїв оцінювання DevOps-проектів та обґрунтування їх вагових коефіцієнтів на основі експертного оцінювання. Це дозволило сформувати збалансовану систему показників, яка відображає як технічні результати розроблення програмного забезпечення, так і організаційні аспекти командної діяльності студентів у межах DevOps-підходу.

Результати педагогічного експерименту підтвердили ефективність запропонованої моделі оцінювання. Порівняльний аналіз результатів контрольної та експериментальної груп засвідчив, що студенти експериментальної групи продемонстрували вищі результати за більшістю критеріїв оцінювання, зокрема за показниками використання DevOps-практик, автоматизованого тестування та командної взаємодії. Це свідчить про позитивний вплив запропонованої системи оцінювання на організацію навчальної діяльності студентів та підвищення якості виконання курсових проектів.

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої педагогічної моделі для вдосконалення системи оцінювання курсових і дипломних проектів у підготовці майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Її застосування сприяє формуванню у студентів професійних компетентностей у сфері DevOps, розвитку навичок командної роботи, відповідальності за результати спільної діяльності та здатності використовувати сучасні інструменти автоматизації процесів розроблення програмного забезпечення.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням системи критеріїв і метрик оцінювання DevOps-проектів, використанням автоматизованого аналізу даних репозиторіїв програмного

коду та CI/CD-процесів, а також інтеграцією цифрових платформ моніторингу навчальної діяльності студентів у систему оцінювання проєктно-орієнтованого навчання. Це дозволить підвищити точність оцінювання результатів навчання та сприятиме подальшому розвитку DevOps-орієнтованих освітніх практик у вищій школі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лучкевич М. Інтеграція методології DevOps у професійну підготовку фахівців з інформаційних технологій: концептуальні засади та освітні підходи. *Науковий часопис УДУ імені Михайла Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2025. Вип. 106. С. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2025.106.13>
2. Лучкевич М. Педагогічні можливості використання DevOps у професійній підготовці фахівців з інформаційних технологій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*. 2025. № 2. С. 93–99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3605.25.2.11>
3. Alves I., Rocha C. Qualifying software engineers undergraduates in DevOps: Challenges of introducing technical and non-technical concepts in a project-oriented course. *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)*. IEEE, 2021. P. 144–153. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00024>
4. Bai X., Pei D., Li M., Li S. The DevOps lab platform for managing diversified projects in educating agile software engineering. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2018. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658817>
5. Garcia P. S., Ferreira J., Gonçalves M., Carneiro T., Figueiredo E., Pereira I. M. Current DevOps Teaching Techniques: A Systematic Literature Review. *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES)*. 2024. P. 389–398. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3605.25.2.11>
6. Hands-On DevOps Assessments with AWS Sandbox in HackerRank: Design, Score, Scale. *HackerRank Writing Blog*. URL: <https://www.hackerrank.com/writing/hands-on-devops-assessments-aws-sandbox-hackerrank-design-score-scale>
7. Paez N., Fontela C. Software engineering education in the DevOps era: Experiences and recommendations. *Congresso Ibero-Americano em Engenharia de Software (CIBSE)*. 2023. P. 130–137. DOI: <https://doi.org/10.5753/cibse.2023.24698>
8. Radenković M., Popović S., Mitrović S. Project-based learning for DevOps: School of Computing experiences. *E-business Technologies Conference Proceedings*. 2022. Vol. 2, No. 1. P. 127–131. URL: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/133>
9. Sali N. A., Anvekar N. N. The Role of DevOps in Software Development. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*. 2025. Vol. 8, Issue 4 (July–August). P. 1395–1407. URL: <https://www.ijrsred.com/volume8/issue4/IJSRED-V8I4P140.pdf>
10. Teaching DevOps with Project Based Learning. *Bone Idol Blog*. 2025. URL: https://www.bone-idol.net/2025/09/17/teaching_devops/

REFERENCES

1. Luchkevych, M. (2025). Intehratsiia metodolohii DevOps u profesiinu pidhotovku fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii: kontseptualni zasady ta osviti pidkhody [Integration of the DevOps methodology into professional training of information technology specialists: conceptual principles and educational approaches]. *Naukovyi chasopys UDU imeni Mykhaila Drahomanova. Serii 5. Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy – Scientific Journal of the Ukrainian State Dragomanov University. Series 5. Pedagogical Sciences: Realities and Prospects*, 106, 80–85. <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2025.106.13> [in Ukrainian].
2. Luchkevych, M. (2025). Pedahohichni mozhlyvosti vykorystannia DevOps u profesiinii pidhotovtsi fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii [Pedagogical possibilities of using DevOps in the professional training of information technology specialists]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: pedahohika – Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Pedagogy*, 2, 93–99. <https://doi.org/10.32782/2415-3605.25.2.11> [in Ukrainian].
3. Alves, I., & Rocha, C. (2021). Qualifying software engineers undergraduates in DevOps: Challenges of introducing technical and non-technical concepts in a project-oriented course. In *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)* (pp. 144–153). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00024> [in English].
4. Bai, X., Pei, D., Li, M., & Li, S. (2018). The DevOps lab platform for managing diversified projects in educating agile software engineering. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658817> [in English].

5. Garcia, P. S., Ferreira, J., Gonçalves, M., Carneiro, T., Figueiredo, E., & Pereira, I. M. (2024). Current DevOps teaching techniques: A systematic literature review. *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES)*, 389–398. <https://doi.org/10.32782/2415-3605.25.2.11> [in English].
6. HackerRank. (n.d.). *Hands-on DevOps assessments with AWS sandbox in HackerRank: Design, score, scale*. Retrieved from <https://www.hackerrank.com/writing/hands-on-devops-assessments-aws-sandbox-hackerrank-design-score-scale> [in English].
7. Paez, N., & Fontela, C. (2023). Software engineering education in the DevOps era: Experiences and recommendations. In *Congresso Ibero-Americano em Engenharia de Software (CIBSE)* (pp. 130–137). <https://doi.org/10.5753/cibse.2023.24698> [in English].
8. Radenković, M., Popović, S., & Mitrović, S. (2022). Project-based learning for DevOps: School of Computing experiences. *E-business Technologies Conference Proceedings*, 2(1), 127–131. Retrieved from <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/133> [in English].
9. Sali, N. A., & Anvekar, N. N. (2025). The role of DevOps in software development. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 8(4), 1395–1407. Retrieved from <https://www.ijred.com/volume8/issue4/IJSRED-V8I4P140.pdf> [in English].
10. Bone Idol Blog. (2025). *Teaching DevOps with project based learning*. Retrieved from https://www.bone-idol.net/2025/09/17/teaching_devops/ [in English].



Стаття поширюється
на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)

Дата першого надходження статті до видання: 16.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026