

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ КРИПТОГРАФІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ

INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING CRYPTOGRAPHY IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

У статті обґрунтовано інноваційні підходи до викладання курсу «Криптографія» в системі професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій в умовах цифрової трансформації освіти. Актуальність дослідження зумовлена зростанням ролі кібербезпеки та необхідністю формування у студентів не лише технічних навичок шифрування і захисту даних, а й критичного мислення, відповідального ставлення до інформаційної безпеки та культури цифрової взаємодії. Метою статті є визначення педагогічних умов і дидактичних принципів ефективного викладання криптографії в закладах вищої освіти. Методологічну основу дослідження становлять компетентнісний, STEM/STEAM та міждисциплінарний підходи, що дозволяють інтегрувати математичну, інженерну та інформаційно-технологічну складові підготовки. Використано методи аналізу наукових джерел, педагогічного проектування, моделювання та узагальнення досвіду викладання дисциплін цифрового профілю. Результати дослідження показують, що ефективне викладання криптографії ґрунтується на використанні інтерактивних і практикоорієнтованих методів: проблемно-орієнтованого навчання, лабораторних робіт із застосуванням сучасних криптографічних бібліотек, кейс-методу, симуляцій кібератак у безпечному навчальному середовищі (white hacking), елементів гейміфікації та проектної діяльності. Особливе значення має організація співпраці в малих групах, формування дослідницьких запитів, розвиток уміння аргументувати вибір криптографічних алгоритмів і оцінювати їх стійкість. Викладач виступає не лише носієм знань, а фасилітатором, що підтримує самостійний пошук рішень і професійну рефлексію студентів. Зазначено, що інноваційні підходи забезпечують формування комплексної професійної компетентності майбутніх ІТ-фахівців, де криптографія виступає не окремою дисципліною, а ключовим елементом цифрової культури та етики інформаційної взаємодії.

Ключові слова: криптографія, цифрова трансформація освіти, кібербезпека, про-

фесійна підготовка, STEM-освіта, компетентнісний підхід.

The article substantiates innovative approaches to teaching the course "Cryptography" within the professional training of future information technology specialists in the context of the digital transformation of education. The relevance of the research is determined by the increasing role of cybersecurity and the need to develop not only technical skills in encryption and data protection but also critical thinking, responsible attitudes toward information security, and a culture of digital interaction. The purpose of the article is to identify the pedagogical conditions and didactic principles that ensure the effective teaching of cryptography in higher education institutions. The methodological basis of the study integrates competency-based, STEM/STEAM, and interdisciplinary approaches, which make it possible to combine mathematical, engineering, and information-technological components of training. The research methods include analysis of scientific literature, pedagogical design, modeling, and the generalization of teaching experience in digital disciplines. The results demonstrate that the effective teaching of cryptography relies on the use of interactive and practice-oriented instructional strategies: problem-based learning, laboratory work with modern cryptographic libraries, case-based tasks, simulations of cyberattacks in a controlled environment (white hacking), gamification elements, and project-based work. Special attention is given to organizing collaboration in small groups, fostering research questions, and developing students' ability to justify the choice of cryptographic algorithms and evaluate their robustness. The role of the instructor is not limited to knowledge transfer but includes facilitation of independent inquiry and professional reflection. It is concluded that innovative approaches to teaching cryptography contribute to forming a comprehensive professional competence of future IT specialists, where cryptography functions not as a narrowly technical subject but as a key element of digital culture and ethical information interaction.

Key words: cryptography, digital transformation of education, cybersecurity, professional training, STEM education, competency-based approach.

УДК 378:005.6
DOI <https://doi.org/10.32782/ip/88.25>
Стаття поширюється на умовах
ліцензії CC BY 4.0

Дмитрук В.А.,
orcid.org/0000-0002-3692-7110
канд. тех. наук,
доцент кафедри іноземних мов
технічного спрямування
Національного університету
«Львівська політехніка»

Сидорчук О.В.,
orcid.org/0000-0002-9357-8690
ст. викладач кафедри іноземних мов
технічного спрямування
Національного університету
«Львівська політехніка»

Пиняга К.Р.,
orcid.org/0009-0009-9737-0940
студентка II курсу факультету
прикладної математики
Національного університету
«Львівська політехніка»

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасна система вищої освіти функціонує в умовах активної цифрової трансформації, що зумовлює перегляд змісту та методів професійної підготовки майбутніх фахівців [1, с. 21]. Впровадження інноваційних технологій, розвиток штучного інтелекту, автоматизація процесів управління та передавання інформації змінюють не лише вимоги до випускників, але й до змісту освітніх програм технічного профілю [9, с. 111]. У цих умовах особливого значення набуває формування цифрової та інформаційної

культури, що передбачає вміння не лише користуватися інформаційними системами, а й розуміти механізми їх захисту [8, с. 99]. Важливо, щоб майбутні фахівці оволоділи компетентностями, необхідними для безпечної роботи в цифровому середовищі, що відповідає сучасним викликам трансформації освіти та вимогам ринку праці [10].

Дисципліна «Криптографія» посідає важливе місце у професійній підготовці майбутніх ІТ-фахівців, адже поєднує математичні, інженерні та аналітичні знання [8, с. 99]. Її викладання сприяє розвитку критичного мислення, здатності до аналізу загроз у цифровому середовищі та

розроблення засобів їхнього запобігання [2, с. 3]. З позицій педагогіки вищої школи курс «Криптографія» є ефективним інструментом реалізації принципів STEM-освіти та компетентнісного підходу, оскільки поєднує фундаментальну теорію з практичними прикладними завданнями [4, с. 19].

Роль криптографії в освітньому процесі значно зросла у зв'язку з підвищенням рівня кіберзагроз у світі [14, с. 18]. Згідно з даними міжнародних аналітичних звітів, кібербезпека входить до ключових глобальних викликів сучасності, що визначає необхідність формування у студентів професійних компетентностей у сфері захисту інформації, цифрової етики та відповідального використання технологій [13, с. 4561]. Це потребує не лише оновлення змісту курсу, а й застосування інноваційних методів навчання, які забезпечують активну взаємодію, практичне застосування знань і розвиток критичного мислення [12, с. 50].

Проблема дослідження полягає у визначенні методичних підходів та педагогічних умов упровадження інноваційних форм організації навчання у межах курсу «Криптографія». У центрі уваги знаходиться обґрунтування логіки поєднання теоретичного матеріалу з практичною діяльністю, використання цифрових інструментів та інтерактивних форматів роботи, а також визначення ефективних моделей співпраці викладача і студентів у цифровому середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор, в яких розглядають цю проблему і підходи її розв'язання. Проблема професійної підготовки майбутніх фахівців ІТ-галузі в умовах цифровізації освіти привертає увагу багатьох українських і зарубіжних науковців. У науковій літературі виокремлюються кілька провідних напрямів досліджень: формування цифрової компетентності здобувачів освіти, реалізація STEM-орієнтованих підходів, розвиток інноваційних методів навчання та удосконалення системи професійної підготовки у вищій школі.

Суттєвий внесок у дослідження проблеми цифрової педагогіки зробили В. Биков, І. Іванюк, С. Литвинова, Н. Морзе, О. Овчарук, О. Пінчук, С. Семеріков, О. Спирін, М. Шишкіна, які розглядають цифрову компетентність як інтегральну характеристику фахівця, що поєднує інформаційну культуру, технічну грамотність і відповідальне ставлення до використання цифрових технологій [6, с. 4]. У їхніх працях наголошується, що цифровізація освітнього середовища потребує переосмислення змісту професійної підготовки та впровадження нових моделей навчання, орієнтованих на гнучкість, інтерактивність і практичну спрямованість [2, с. 7]. Важливим аспектом також є розвиток готовності майбутніх фахівців до самостійного використання та інтеграції цифрових ресурсів у своїй діяльності [5, с. 293].

Дослідники STEM-освіти (І. Соколова, О. Іваницький, Т. Шарова, J. Bybee, M. Honey) наголошують на важливості інтеграції природничих, технічних і математичних знань у єдину освітню систему, що сприяє формуванню аналітичного мислення й здатності до вирішення комплексних професійних завдань [4, с. 19]. Для курсу «Криптографія» цей підхід є ключовим, оскільки дисципліна природно поєднує математику, інформатику та інженерно-технічні аспекти інформаційної безпеки, що відповідає сучасним вимогам цифрової підготовки ІТ-фахівців [12, с. 50].

У контексті професійної підготовки фахівців з інформаційних технологій важливими є праці Л. Лупаренка, С. Семерікова, Ю. Триуса, О. Пінчук, які акцентують увагу на необхідності розроблення сучасних навчальних курсів, що інтегрують хмарні сервіси, системи візуалізації даних і віртуальні лабораторії [5, с. 295]. Науковці відзначають ефективність використання моделей змішаного навчання, елементів гейміфікації, проектно-орієнтованих завдань та міждисциплінарних модулів [2, с. 9].

Аналіз зарубіжних джерел (С. Moor, P. Shah, L. Chandran, S. Papadakis) засвідчує, що в сучасній освіті активно розвивається напрям cybersecurity education, який поєднує теоретичну криптографію, практичне програмування та цифрову етику [9, с. 115]. Міжнародні освітні стандарти (IEEE/ACM Curriculum Guidelines, 2022) рекомендують включення модулів із криптографії, безпечного програмування, управління ризиками й захисту даних у базові програми підготовки ІТ-фахівців [12, с. 50]. Зокрема, підкреслюється необхідність забезпечення міждисциплінарності та практичної спрямованості навчальних курсів, зорієнтованих на підготовку фахівців до роботи в умовах зростання кіберзагроз [8, с. 25].

У сучасній українській педагогічній науці питання інтеграції елементів кібербезпеки у процес навчання розглядаються в працях О. Пінчук, С. Семерікова, Т. Вакалюк, які підкреслюють необхідність поєднання академічної підготовки з формуванням професійних навичок практичного застосування технологій захисту інформації [5, с. 294]. Ці дослідження узгоджуються з підходами до цифровізації освітнього середовища, що представлені у працях В. Бикова, О. Овчарук та їхніх колег, де наголошується на важливості розвитку цифрових компетентностей як ключового компонента підготовки сучасного фахівця [2, с. 6]. Водночас це відповідає Концепції цифрової трансформації освіти, затвердженій Міністерством освіти і науки України, яка передбачає створення інноваційних курсів, орієнтованих на майбутні виклики ІТ-ринку [3, с. 15].

Отже, науковці одностайні в тому, що сучасна професійна підготовка ІТ-фахівців повинна базуватися на інтеграції теоретичних знань, практичних умінь і ціннісних орієнтацій у сфері

цифрової безпеки. Водночас питання вибору та обґрунтування інноваційних методів викладання курсу «Криптографія», які забезпечують активне залучення студентів до вирішення практичних завдань та розвиток компетентностей у сфері інформаційної безпеки, потребує подальшого науково-методичного опрацювання.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є обґрунтувати доцільність і особливості застосування інноваційних методів викладання курсу «Криптографія» у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій.

Досягнення поставленої мети передбачає розв'язання таких завдань: визначити педагогічні підходи та дидактичні принципи, що забезпечують активне і практикоорієнтоване навчання криптографії; розкрити можливості використання інтерактивних, проєктних і цифрових форм організації навчальної діяльності студентів; проаналізувати педагогічні умови, що сприяють формуванню професійних та цифрових компетентностей у сфері інформаційної безпеки в рамках курсу «Криптографія».

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів. Сучасна модель професійної підготовки у закладах вищої освіти базується на компетентнісному підході, який передбачає формування не лише знань, а й здатності ефективно їх застосовувати у реальних професійних ситуаціях [6, с. 5]. Згідно з концепцією компетентнісно орієнтованої освіти (В. Биков, Н. Морзе, О. Спірін), головним результатом навчання є не сума засвоєної інформації, а комплекс інтегрованих компетентностей, що забезпечують готовність фахівця діяти в умовах швидкої технологічної зміни [2, с. 7]. З огляду на це особливої ваги набуває розвиток умінь самостійного аналізу, критичного мислення та здатності працювати з ІТ-інструментами [8, с. 99].

У процесі викладання криптографії компетентнісний підхід реалізується через: формування когнітивних компетентностей (знання основних понять, методів та алгоритмів шифрування); практичних компетентностей (уміння використовувати криптографічні бібліотеки, створювати та аналізувати коди); аналітичних компетентностей (здатність оцінювати надійність систем захисту інформації, прогнозувати ризики); ціннісно-етичних компетентностей (усвідомлення відповідальності за етичне використання технологій та даних). Таким чином, курс «Криптографія» сприяє формуванню у студентів професійної компетентності як інтегрованої здатності вирішувати прикладні завдання у сфері інформаційної безпеки, дотримуючись принципів академічної доброчесності та етики [8, с. 102].

Однією з провідних тенденцій сучасної професійної освіти є поєднання фундаментальної підготовки з практичною спрямованістю навчального

процесу [4, с. 19]. Для дисципліни «Криптографія» ця інтеграція є природною та необхідною, оскільки саме математичні знання – з теорії чисел, алгебри, комбінаторики, логіки, статистики – становлять теоретичний базис для розуміння алгоритмів шифрування, хешування та цифрового підпису [12, с. 50].

Водночас прикладна складова забезпечує перенесення абстрактних знань у професійну діяльність [5, с. 300]. Використання мов програмування (Python, C++, Java), криптографічних бібліотек (OpenSSL, PyCryptodome) і практичних завдань на моделювання систем безпеки дозволяє студентам бачити реальні механізми функціонування теорії в цифровому середовищі. Такий підхід узгоджується з принципом «learning by doing» – навчання через діяльність, який підвищує мотивацію та засвоєння матеріалу [2, с. 8].

У контексті цифрової трансформації освіти особливого значення набуває використання інноваційних методів викладання, що забезпечують активну взаємодію студентів із навчальним матеріалом. Серед них:

- проєктно-орієнтоване навчання (розроблення та тестування власних криптографічних протоколів);
- кейс-метод (аналіз реальних інцидентів інформаційної безпеки та визначення причин їх виникнення);
- гейміфікація (використання криптографічних челенджів, Capture the Flag);
- зворотний клас (самостійне опрацювання теорії з подальшим обговоренням і розв'язанням прикладних задач на парі);
- онлайн-лабораторії та віртуальні симулятори для моделювання криптосистем у контрольованому середовищі.

Ці методи сприяють формуванню дослідницької позиції студента та розвивають практичну готовність до роботи з реальними інструментами інформаційної безпеки.

Інтеграція фундаментальної і прикладної підготовки створює умови для формування інженерного типу мислення, здатності до аналізу, моделювання і вдосконалення технологічних процесів, що є необхідною умовою професійної компетентності майбутнього ІТ-фахівця [12, с. 50].

Розвиток курсу «Криптографія» логічно вписується у сучасну парадигму STEM-освіти, а у ширшому контексті – STEAM-освіти, яка додає гуманітарно-етичний вимір [4, с. 19]. STEM-орієнтація передбачає інтеграцію дисциплін у єдине навчальне середовище, спрямоване на вирішення практичних задач [12, с. 50].

У межах курсу «Криптографія» це означає: Science – опора на математичну теорію; Technology – застосування програмних засобів; Engineering – проєктування систем безпеки; Mathematics – аналіз алгоритмів; Arts/Ethics – відповідальність та інформаційна культура [13, с. 4559].

Поєднання цих складових формує цілісне уявлення про криптографію як інструмент технічної та соціальної безпеки, що відповідає стратегічним орієнтирам Digital Education Action Plan (EU, 2021–2027) [10, с. 5].

Висновки із цього дослідження і подальші перспективи в цьому напрямку. Проведене дослідження засвідчило, що ефективно викладання курсу «Криптографія» в умовах цифрової трансформації освіти потребує оновлення методологічних підходів, структури та змістового наповнення навчального матеріалу. Встановлено, що поєднання компетентнісного, STEM/STEAM та міждисциплінарного підходів забезпечує інтеграцію математичних знань, інформаційно-технологічної підготовки, інженерного мислення та етичних аспектів цифрової взаємодії. З'ясовано, що використання практикоорієнтованих форм і методів навчання (лабораторні роботи з криптографічними бібліотеками, симуляції кібератак, кейс-метод, проєктна діяльність, гейміфікація) сприяє формуванню у студентів здатності застосовувати теоретичні знання в реальних професійних ситуаціях, аналізувати ризики та обґрунтовувати вибір засобів захисту інформації. Особливо важливим чинником виявлено роль викладача як фасилітатора: не лише джерела знань, а організатора пошуку рішень, рефлексії та командної взаємодії студентів. Саме така модель сприяє підвищенню навчальної мотивації та розвитку відповідальності за результати власної діяльності. Курс «Криптографія» доведено доцільно розглядати не як ізолювану технічну дисципліну, а як ключовий елемент цифрової культури та професійної етики у сфері інформаційної безпеки. Він формує комплексну професійну компетентність майбутніх ІТ-фахівців.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням цифрових навчальних платформ для симуляцій криптографічних процесів, застосуванням штучного інтелекту для адаптивного навчання та оцінювання, а також з вивченням ефективності різних форматів змішаного та дистанційного викладання криптографії.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної платформи освіти і науки України. *Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку* : матеріали методологічного семінару НАПН України, м. Київ, 04 квіт. 2019 р. / за ред. В. Г. Кременя, О. І. Ляшенка ; уклад. А. В. Яцишин, О. М. Соколюк. Київ : Ін-т інформац. технологій і засобів навч., 2019. С. 20–26. ISBN 978-966-644-525-7.

2. Биков В. Ю., Овчарук О. В., Іванюк І. В., Пінчук О. П., Гальперіна В. О. Сучасний стан використання цифрових засобів для організації дистанційного навчання в закладах загальної середньої освіти :

результати опитування 2022. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2023. Т. 90, № 4. С. 1–18.

3. Державна служба якості освіти України. Концепція цифрової трансформації освіти і науки України. Київ : МОН України, 2021. 46 с.

4. Кузьменко Г. В. Від STEM- до STEAM- освіти : ключові аспекти на прикладі ініціатив уряду США. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2020. № 4 (79). С. 18–24. DOI: 10.32405/2309-3935-2020-4(79)-18-24.

5. Лазаренко Н., Гуревич Р., Опушко Н., Гордійчук Г., Кобися В. Підготовка майбутніх педагогів до професійної діяльності засобами цифровізації. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : Педагогічні науки*. 2022. Вип. 30 (3). С. 291–315. DOI: 10.32453/pedzbirnyk.v30i3.1211.

6. Морзе Н., Нанаєва Т., Пасічник О. Стан та перспективи навчання інформатики в закладах загальної середньої освіти України. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 92, № 6. DOI: 10.33407/ilt.v92i6.5138.

7. Оцінювання інформаційно-комунікаційної компетентності учнів та педагогів в умовах євроінтеграційних процесів в освіті : навч. посіб. / Овчарук О. В., Гриценчук О. О., Іванюк І. В., Сороко Н. В., Лещенко М. П., Пінчук О. М. За ред. О. В. Овчарук. Київ : Педагогічна думка, 2014. 160 с. ISBN 978-966-644-398-7.

8. Тринус О. Формування цифрової грамотності майбутніх викладачів закладів вищої освіти : теоретичний аспект. *Вісник кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. 2022. Т. 2, № 6. С. 98–115. DOI: 10.35387/ucj.2(6).2022.98-115.

9. Dmytruk A., Hrytsiv V., Babkina M., Skril I., Vyslobodska I., Smilevska M. Integration of artificial intelligence technologies into the digital transformation of professional higher education in technical fields. In V. Dmytruk (Ed.), *Professional Education and Personnel Training*. Kharkiv : Technology Center PC, 2025. P. 110–143. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-16-0.ch5>

10. European Commission. The Digital Education Action Plan 2021–2027 : Resetting Education and Training for the Digital Age. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021.

11. Franchuk N. P., Prydacha T. V. Organization and conduct of classes in educational institutions during distance learning. *Journal of Physics : Conference Series*. 2021. Vol. 1840, Issue 1, Article 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1840/1/012054.

12. Iatsyshyn A. V., Kovach V. O., Romanenko Y. O., Deineha I. I., Iatsyshyn A. V., Lytvynova S. H. et al. *Application of augmented reality technologies for preparation of specialists of new technological era. Augmented Reality in Education* : Proceedings of the 2nd International Workshop (AREdu 2019), Kryvyi Rih, Ukraine, March 22, 2019. EUR Workshop Proceedings, Vol. 2547. P. 48–60. CEUR-WS.org, 2020.

13. Papadakis S. Advances in Mobile Learning Educational Research : Cybersecurity and Ethics in Digital Education. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28 (4). P. 4553–4570.

14. Vakaliuk T. A., Spirin O. M., Lobanchykova N. M., Martseva L. A., Novytska I. V., Tkachuk H. I. et al. Features of distance learning of cloud technologies for the organization educational process in quarantine. *Journal of Physics : Conference Series*. 2021.Vol. 1840, Issue 1, 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012051>
15. World Economic Forum. Global Risks Report 2024. Geneva : WEF, 2024. 78 p.

Дата першого надходження рукопису до видання: 28.10.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025
Дата публікації: 19.12.2025