



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

Теорія і методика професійної освіти

УДК 51:378:37.018:004.42

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20567170>

Вища математика як інструмент формування computational thinking у системі професійної підготовки

Кондур Оксана Созонтівна

доктор педагогічних наук, професор, декан педагогічного факультету,

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника,

м. Івано-Франківськ, Україна, oksana.kondur@cnu.edu.ua

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9342-1127>

Прийнято: 15.04.2026 | Опубліковано: 30.04.2026

Анотація: У статті теоретично обґрунтовано та узагальнено можливості формування computational thinking (обчислювального мислення) у процесі вивчення вищої математики, визначено педагогічні умови його ефективного розвитку у здобувачів вищої освіти, зокрема майбутніх педагогів та фахівців IT-галузі. Описано кореляцію структурних компонент computational thinking (декомпозиція, абстрагування, алгоритмізація, моделювання, оцінювання рішень) зі змістом розділів вищої математики. **Методи.** Використано комплекс теоретичних методів: аналіз, синтез, узагальнення та систематизацію наукових джерел, що висвітлюють проблематику computational thinking у зарубіжному та українському науковому дискурсі; контент-аналіз сучасних педагогічних практик інтеграції computational thinking у STEM-освіту; структурно-функціональний аналіз змісту вищої математики щодо його відповідності компонентам computational thinking. **Результати.** У результаті



дослідження встановлено, що *computational thinking* у сучасній освіті трансформується з вузькоспеціалізованої навички програмування у міждисциплінарну когнітивну компетентність, яка забезпечує ефективне розв'язування складних задач у різних сферах діяльності. Обґрунтовано, що вища математика має значний дидактичний потенціал для формування *computational thinking*, оскільки її зміст і методи природно охоплюють ключові компоненти цієї компетентності. Зокрема, математичний аналіз і лінійна алгебра сприяють розвитку абстрактного мислення, алгоритмічні процедури забезпечують формування послідовного та структурованого мислення, математичне моделювання виступає ефективним засобом інтеграції теоретичних знань із практичними завданнями. Водночас виявлено, що у традиційній практиці викладання вищої математики потенціал формування *computational thinking* реалізується недостатньо. Визначено педагогічні умови ефективного формування *computational thinking*: контекстуалізація математичних задач, інтеграція з програмуванням, використання методів математичного моделювання і цифрових інструментів для їх реалізації; STEM-контекст і міждисциплінарна інтеграція. **Висновки.** Формування *computational thinking* є одним із пріоритетних завдань сучасної вищої освіти, а вища математика виступає ефективним інструментом його розвитку за умови цілеспрямованої педагогічної організації освітнього процесу.

Ключові слова: обчислювальне мислення; математична підготовка; STEM-освіта; цифрова компетентність; математичне моделювання; підготовка майбутніх педагогів; професійна освіта; цифрові технології.



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

Higher Mathematics as a Tool for Developing Computational Thinking in Professional Training

Kondur Oksana

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Dean of the Pedagogical Faculty,
Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
oksana.kondur@cnu.edu.ua ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9342-1127>

Abstract: *The article provides a theoretical substantiation and generalization of the possibilities for developing computational thinking in the process of studying higher mathematics, and identifies the pedagogical conditions for its effective development in higher education students, particularly future teachers and IT specialists. The correlation of the structural components of computational thinking (decomposition, abstraction, algorithmization, modeling, decision evaluation) with the content of higher mathematics sections is described. **Methods.** A комплекс of theoretical methods was employed, including analysis, synthesis, generalization, and systematization of scholarly sources addressing computational thinking in both international and Ukrainian academic discourse; content analysis of contemporary pedagogical practices for integrating computational thinking into STEM education; and structural-functional analysis of higher mathematics content in terms of its alignment with the components of computational thinking. **Results.** The findings indicate that computational thinking in modern education is transforming from a narrowly specialized programming skill into an interdisciplinary cognitive competence that enables effective problem-solving across various domains. It is substantiated that higher mathematics has significant didactic potential for fostering computational thinking, as its content and methods inherently encompass the key components of this competence. In particular, mathematical analysis and linear algebra contribute to the*



*development of abstract thinking; algorithmic procedures foster sequential and structured thinking; and mathematical modeling serves as an effective means of integrating theoretical knowledge with practical applications. At the same time, it is revealed that in traditional approaches to teaching higher mathematics, the potential for developing computational thinking is not fully realized due to the dominance of formal, calculation-oriented methods and the limited integration of digital technologies. The study identifies pedagogical conditions for the effective development of computational thinking, including the contextualization of mathematical tasks; integration with programming; the use of mathematical modeling methods and digital tools for their implementation; as well as a STEM-oriented and interdisciplinary approach. **Conclusions.** It is substantiated that the development of computational thinking is one of the priority tasks of modern higher education, and that higher mathematics serves as an effective means of its formation provided that the educational process is pedagogically structured in a purposeful manner.*

Keywords: *computational thinking; mathematical thinking; mathematical training; STEM education; digital competence; mathematical modeling; preservice teacher education; vocational education; digital technologies.*

Постановка проблеми. Цифрова трансформація освіти, розвиток економіки знань та поширення технологій штучного інтелекту актуалізують проблему підготовки фахівців здатних не лише використовувати цифрові інструменти, а й мислити алгоритмічно, системно й обчислювально. У цьому контексті концепція computational thinking, запропонована Jeannette Wing [1], набула статусу однієї з ключових освітніх парадигм ХХІ століття.

Для майбутніх педагогів професійної освіти, особливо ІТ- та технічного профілю, computational thinking виступає не лише як інструмент програмування, а як універсальна когнітивна стратегія розв'язання професійних задач. Водночас



саме вища математика створює методологічне підґрунтя для формування таких когнітивних стратегій, оскільки забезпечує розвиток абстрактного мислення, логіко-структурного аналізу, формалізації та моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. J.Wing тлумачила computational thinking як «універсально застосовний набір підходів та навичок», сформованість якого залежить від здатності аналізувати та вирішувати різні проблеми «у формі, яку може ефективно виконувати агент обробки інформації» [1; 2]. Причому важливе не безпосереднє використання обчислювальних інструментів чи технологій, а наявність когнітивних компетенцій (наприклад, абстракції, узагальнення) та психологічних здатностей (наприклад, наполегливості, точності), які є важливими для змістовного вирішення конкретної проблем.

J.Wing прив'язує computational thinking з комп'ютерними науками. Водночас computational thinking з точки зору конструктивізму ще в 1980 році розглядав Seymour Papert, розробник мови програмування Logo, яка була одним з перших цифрових освітніх інструментів. M. Lodi та S. Martini в публікації [3], здійснивши історичний огляд і контекстуалізацію цих двох освітніх та епістемологічних підходів до computational thinking, визначили computational thinking як спосіб формулювання задач та розв'язання так, щоб їх можна було реалізувати за допомогою обчислювальних засобів.

Аналіз досліджень закордонних вчених [4-6] засвідчує поступовий перехід від вузького трактування computational thinking як здатності програмувати до його розуміння як універсальної когнітивної компетентності, що охоплює процеси абстрагування, декомпозиції, алгоритмізації, моделювання та аналізу даних. Computational thinking розглядається як сукупність когнітивних процесів (алгоритмізація, логічне мислення), методів (моделювання, аналіз даних), практик (тестування, налагодження) і трансверсальних навичок (креативність, співпраця).



Значна увага приділяється інтеграції computational thinking у STEM-освіту, де воно розглядається як інструмент розвитку інженерного мислення та розв'язування комплексних задач (див. публікації [7-9]). Водночас в цих публікаціях зазначається низки системних проблем: недостатня підготовка педагогів до інтеграції computational thinking, відсутність узгоджених методичних моделей та складність оцінювання рівня сформованості цієї компетентності.

У наукових дослідженнях українських науковців В. Бикова, Н. Морзе і М. Бойко, Т. Тихонової і Г. Кошкіної [10-13] computational thinking розглядається переважно у контексті розвитку цифрової компетентності та модернізації освіти. Основний акцент робиться на практичній імплементації computational thinking в освітній процес, зокрема у підготовці майбутніх учителів, інтеграції з інформатикою та STEM-дисциплінами. Водночас мало приділено уваги розробленню цілісних моделей формування computational thinking. У своєму дослідженні [14] Joseph C. Kush Kush підкреслює, що computational thinking сприяє розв'язанню складних задач через їх поділ на підзадачі та є важливим інструментом модернізації української освіти та його слід інтегрувати в освітні програми закладів вищої освіти.

Особливої уваги набуває питання ролі вищої математики у формуванні computational thinking. Аналіз наукових праць дає підстави стверджувати, що вища математика має значний потенціал у цьому контексті, оскільки її зміст і методи природно охоплюють ключові компоненти computational thinking. Зокрема, математичний аналіз, лінійна алгебра та теорія ймовірностей сприяють розвитку абстрактного мислення, алгоритмічні процедури — формуванню послідовного й структурованого мислення, а математичне моделювання забезпечує зв'язок між теоретичними знаннями та практичним застосуванням.



Водночас у більшості випадків цей потенціал реалізується лише частково. У традиційній практиці викладання вищої математики домінує формально-обчислювальний підхід, що обмежує розвиток мисленнєвих стратегій, пов'язаних із computational thinking. Відсутність цілеспрямованої інтеграції computational thinking у зміст математичних дисциплін призводить до того, що відповідні компетентності формуються стихійно та неусвідомлено.

Таким чином, сучасний стан дослідження проблеми свідчить про активний розвиток теорії та практики формування computational thinking, однак характеризується наявністю низки концептуальних, методичних і практичних прогалин. Особливо актуальним є питання цілеспрямованої інтеграції computational thinking у процес вивчення вищої математики, що потребує розроблення нових педагогічних підходів, методик та інструментів оцінювання.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті — обґрунтувати місце і роль вищої математики в структурі формування computational thinking майбутніх педагогів професійної освіти та розробити концептуальну модель його розвитку у процесі математичної підготовки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Поняття computational thinking було введене у широкий науковий обіг Jeannette Wing як здатність формулювати проблеми таким чином, щоб їх розв'язання можна було ефективно реалізувати за допомогою обчислювальних засобів. У чисельних дослідженнях computational thinking розглядається різносторонньо, а саме як: когнітивна стратегія розв'язання задач, інструмент формалізації знань, основа алгоритмічного мислення, складова цифрової компетентності.

У структурі computational thinking виділяють такі ключові компоненти: декомпозиція — поділ складної проблеми на підзадачі; абстрагування — виділення суттєвих характеристик об'єкта; алгоритмізація — побудова послідовності кроків розв'язання; моделювання — створення формалізованих



моделей явищ; оцінювання та оптимізація рішень. Зазначені компоненти органічно співвідносяться зі змістом вищої математики, що дає підстави розглядати її як базову дисципліну для розвитку обчислювального мислення, як його когнітивну основу, бо вона формує здатність до формалізації, доказовості та структурованого мислення. Доведення теорем, аналіз функціональних залежностей, дослідження граничних процесів розвивають навички послідовного міркування, виявлення причинно-наслідкових зв'язків і системного аналізу. Ці навички необхідні для реалізації алгоритмічних стратегій у професійній діяльності педагога.

Вища математика має низку характеристик, які безпосередньо корелюють із компонентами *computational thinking*. Зокрема ця освітня компонента є природним середовищем розвитку абстрактного мислення як ядра *computational thinking*. Адже під час вивчення розділів «Лінійна алгебра», «Математичний аналіз», «Теорія ймовірностей» здобувачі освіти оперують узагальненими об'єктами (функції, вектори, простори, інтеграли), формальними моделями, символічними представленнями, що відповідає компоненту *computational thinking* «абстрагування» — здатності відокремлювати суттєве від несуттєвого, будувати узагальнені моделі конкретних задач. Процес переходу від конкретних прикладів до загальних закономірностей у математичному аналізі або лінійній алгебрі безпосередньо корелює з механізмом абстрагування в *computational thinking*. Робота з поняттями границі, похідної, інтеграла формує здатність оперувати абстрактними моделями.

Більшість методів розв'язання задач з вищої математики мають алгоритмічну структуру: метод Гаусса; метод інтегрування частинами; алгоритми знаходження екстремумів; симплекс-метод, метод потенціалів, чисельні методи розв'язання рівнянь. Тобто математичні процедури виступають прототипами алгоритмів, що є центральним компонентом *computational thinking*.



Вища математика формує здатність до розбиття складної задачі на підзадачі, поетапного аналізу розв'язку, побудови ієрархії рішень, що чітко відповідає компоненту декомпозиції у computational thinking. Наприклад, дослідження функції відбувається поетапно: область визначення $\rightarrow$ похідна $\rightarrow$ монотонність $\rightarrow$ екстремуми $\rightarrow$ опуклість $\rightarrow$ графік.

Найбільше перетинні математична підготовка із computational thinking в математичному моделюванні, яке передбачає формалізацію реальної проблеми, побудову математичної моделі та аналіз з інтерпретацією результатів.

Особливу роль відіграють розділи «Чисельні методи», «Математична статистика», «Кореляційно-регресійний аналіз», «Дискретна математика», які безпосередньо пов'язані з обчислювальними процесами. Під час їх вивчення формується у студентів розуміння ефективності алгоритмів, розвиваються навички оптимізації.

Формування computational thinking у майбутніх педагогів професійної освіти потребує створення сприятливих педагогічних умов, які забезпечують розвиток когнітивних, алгоритмічних та цифрових компетентностей.

Ми виокремили наступні умови ефективного формування computational thinking у процесі математичної підготовки:

- 1) контекстуалізація математичних задач практичним змістом, наближеним до задач до професійної діяльності;
- 2) інтеграція з ІТ-дисциплінами, яка проявляється у поєднанні математичних моделей із програмною реалізацією;
- 3) рефлексивний супровід навчання через усвідомлення здобувачами освіти логіки розв'язання;
- 4) використання цифрових інструментів задля реалізації математичних алгоритмів у програмному середовищі;
- 5) STEM-контекст і міждисциплінарна інтеграція.



Оскільки STEM-освіта передбачає інтеграцію науки, технологій, інженерії та математики, то вища математика у цій системі виконує інтегративну функцію, забезпечуючи формування математичного апарату для технічних дисциплін, розвиток системного мислення, здатність до аналізу великих даних і підготовку до використання технологій штучного інтелекту.

Для майбутніх педагогів професійної освіти це означає здатність навчати учнів не лише користуватися технологіями, а й розуміти математичні принципи їх функціонування.

Наукові дослідження підтверджують, що ефективне навчання *computational thinking* реалізується через інтеграцію математичного змісту, ІТ-компонентів, цифрових інструментів та міждисциплінарного контексту [15-16]. Міждисциплінарна інтеграція сприяє формуванню творчого підходу до вирішення задач, гнучкого мислення та здатності до адаптації алгоритмів у різних професійних контекстах. D.Weintrop, E. Beheshti та ін. запропонували визначення обчислювального мислення для математики та природничих наук у формі таксономії, що складається з чотирьох основних категорій: практика роботи з даними, практика моделювання та симуляції, практика вирішення обчислювальних задач і практика системного мислення [15].

Зауважимо, що контекстуалізація математичного змісту передбачає наближення навчальних задач до реальних професійних ситуацій, з якими майбутні педагоги можуть зіткнутися у професійно-технічній освіті. Це дозволяє студентам усвідомлювати значення математичних моделей та алгоритмів, розвивати навички формалізації та моделювання. Наприклад, замість абстрактного розв'язання систем рівнянь студентам можна запропонувати задачу оптимізації витрат на виробничому майданчику, у якій необхідно обрати оптимальний розподіл ресурсів і побудувати алгоритм управління процесом.



Контекстуалізація підвищує мотивацію, оскільки студент бачить практичну цінність математичних знань і їхнє застосування в педагогічній діяльності [17].

Інтеграція з ІТ-дисциплінами дозволяє студентам поєднувати математичні моделі з програмною реалізацією. Формалізовані задачі можна реалізовувати у Python, MATLAB або інших цифрових середовищах, що розвиває алгоритмічне мислення. Наприклад, створення симуляції виробничого процесу, де студент будує алгоритм у Python і перевіряє його на різних вхідних даних, порівнюючи результати з математичною моделлю. Цей підхід забезпечує зв'язок між теоретичними знаннями і практичними цифровими навичками, що є важливим для формування computational thinking.

Рефлексивний компонент передбачає усвідомлення студентами логіки розв'язання задач, аналіз власних дій та рішень. Здобувачі освіти обговорюють вибір алгоритму, оцінюють його ефективність та помилки, що виникають при моделюванні. Наприклад, після побудови алгоритму оптимізації виробничого процесу пояснюють його логіку, виділяють ключові кроки та аргументують вибір методу. Рефлексія сприяє формуванню метапізнавальних компетентностей, що підвищує здатність до самостійного розв'язання нових завдань у професійній діяльності.

Сьогодні цифрові інструменти — ключовий ресурс для реалізації математичних алгоритмів та моделювання процесів. Так, GeoGebra дозволяє візуалізувати математичні залежності та графіки, MATLAB забезпечує чисельні обчислення та аналіз складних моделей, Python дає можливість програмувати алгоритми та автоматизувати обчислення. Використання цифрових середовищ дозволяє поєднати теорію, практику та технології, що є однією з ключових умов ефективного формування computational thinking. [18]



Ми пропонуємо структурну модель формування computational thinking у процесі вивчення вищої математики розглядати як сукупність цільового, змістового, процесуального і результативного компонент.

У цільовому компоненті закладена мета — формування здатності до обчислювального аналізу професійних задач. Змістовий компонент полягає в інтеграції у навчальні модулі наступних елементів: задачі на моделювання виробничих процесів; оптимізаційні задачі; елементи теорії алгоритмів; чисельні методи з використанням програмних засобів. Процесуальний компонент включає використання проблемного навчання, STEM-підходу, проєктних технологій, цифрових математичних середовищ (GeoGebra, MATLAB, Python). Результативний компонент відповідає за оцінку сформованості алгоритмічної культури, здатності до формалізації, навичок моделювання, цифрової компетентності.

Зауважимо, що процесуальний компонент спрямований на активізацію діяльності майбутніх педагогів професійної освіти та забезпечує розвиток їхньої здатності до алгоритмічного мислення через інтерактивне навчання. Так, технологія проблемного навчання дозволяє здобувачам освіти формувати уміння самостійно аналізувати виробничі або навчальні задачі, виділяти ключові змінні та шукати оптимальні шляхи їх розв'язання. Проєктні технології формують компетентності в розробці комплексних рішень, алгоритмізації процесів та колективній роботі [19-20]. Цифрові математичні середовища сприяють розвитку абстрактного мислення та моделювання, забезпечують обчислювальні можливості для моделювання, оптимізації та аналізу даних, допомагають реалізовувати алгоритми, автоматизувати обчислення та формувати навички програмної реалізації алгоритмів. STEM-підхід інтегрує знання з різних дисциплін та дозволяє студентам застосовувати математичні та технологічні навички у реальних проблемах [21]. Таким чином, процесуальний компонент



поєднує когнітивну діяльність з практичними навичками, створюючи середовище для формування алгоритмічного мислення та цифрової компетентності.

Результативний компонент забезпечує оцінку рівня сформованості *computational thinking* як комплексної компетентності, що включає когнітивні, алгоритмічні та цифрові навички, необхідні для майбутніх педагогів професійної освіти. Сформованість *computational thinking* можна тлумачити як сформованість наступних компетентностей: алгоритмічної культури — здатності послідовно та логічно організовувати дії для розв’язання задачі, вибрати оптимальні алгоритми та аналізувати їхню ефективність; вміння формалізувати — переводити текстові або практичні проблеми у математичні моделі, алгоритми чи програмні структури; навички моделювання — вміння створювати математичні та програмні моделі реальних процесів, інтерпретувати результати та робити висновки щодо їх оптимізації; цифрової компетентності — здатності ефективно використовувати цифрові інструменти для розв’язання навчальних і професійних завдань, включаючи обчислювальні середовища, програмні пакети та засоби візуалізації даних.

З урахуванням структурних компонент *computational thinking* пропонуємо оцінювати результативність формування *computational thinking* за наступними показниками (див. табл.1 і 2):

Таблиця 1.

Критерії та показники сформованості computational thinking

Компонент <i>computational thinking</i>	Критерій	Показники
Декомпозиція	Структурний аналіз задачі	Виділення змінних, параметрів, підзадач
Абстрагування	Формалізація	Перехід від тексту до математичної моделі
Алгоритмізація	Побудова процедури розв’язання	Послідовність, коректність, завершеність



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ: НАУКОВІ ЗАПИСКИ

Моделювання	Побудова моделі, вибір методу реалізації, інтерпретація	Адекватність моделі реальній ситуації
Оцінювання	Аналіз ефективності	Порівняння альтернатив, аналіз похибки

Джерело: систематизовано автором.

Таблиця 2.

Рівні сформованості computational thinking.

Рівень	Показники
Високий рівень	Здобувач освіти: – самостійно формалізує складні задачі; – оптимізує алгоритми; – пояснює логіку рішень; – аналізує ефективність рішень..
Достатній рівень	Здобувач освіти: – формалізує типові задачі; – коректно застосовує відомі алгоритми; – розуміє логіку рішень; – вміє частково оцінити похибку.
Середній рівень	Здобувач освіти: – формалізує типові задачі; – виконує алгоритм за зразком; – має труднощі з моделюванням; – слабо аналізує ефективність
Низький рівень	Здобувач освіти: – має фрагментарне розуміння суті задачі; – виявляє труднощі при побудові алгоритмічної структури; – самостійно не може здійснити моделювання

Джерело: систематизовано автором

Запропонована система дозволяє комплексно оцінити рівень сформованості computational thinking у майбутніх педагогів професійної освіти та забезпечує емпіричне підґрунтя для перевірки ефективності інтеграції елементів обчислювального мислення у курс вищої математики.

Зауважимо, що у процесі професійної підготовки майбутнього інженера-педагога computational thinking має важливе значення з урахуванням цифровізації не тільки освітньої галузі, але й економіки загалом. Актуальна теза Центру обчислювального мислення Університету Карнегі-Меллона: «Майже



неможливо проводити дослідження в будь-якій науковій чи інженерній дисципліні без здатності мислити обчислювально... [Ми] виступаємо за широке використання обчислювального мислення для покращення життя людей». [22]

Висновки. Вища математика має значний дидактичний потенціал для формування computational thinking, оскільки її зміст і методи природно охоплюють ключові компоненти цієї компетентності — абстракцію, алгоритмізацію, декомпозицію та моделювання. Водночас ефективність цього процесу залежить від педагогічних умов, зокрема рівня контекстуалізації навчання, інтеграції з інформаційними технологіями та орієнтації на розвиток мисленнєвих стратегій, а не лише обчислювальних навичок.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробленні методичної системи формування computational thinking засобами вищої математики, створенням інструментів оцінювання рівня його сформованості та експериментальною перевіркою ефективності запропонованих педагогічних умов з використанням гейміфікації та цифрових технологій.

Список використаних джерел

1. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 2006. Vol. 49, Is.3. 33 – 35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
2. Wing, J. M. Computational thinking: What and why? *The Link Magazine*, 2010. 6. 20 – 23.
3. Lodi, M., Martini, S. Correction to: Computational Thinking, Between Papert and Wing. *Sci & Educ*, 2022. 31. 561–562. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00268-1>
4. Lockwood J., Mooney A. *Computational Thinking in Education: Where does it Fit? A systematic literary review*. 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.07659>



5. Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. Computational Thinking Is More about Thinking than Computing. *Journal for STEM education research*, 2020. 3 (1), 1-18.
<https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>
6. Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. Bringing computational thinking into classrooms: A systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. *International Journal of STEM Education*, 2024. 11(51).
<https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6>
7. Li, Y., Schoenfeld, A.H., diSessa, A.A. et al. On Computational Thinking and STEM Education. *Journal for STEM Educ Res/* 2020. 3, 147–166.
<https://doi.org/10.1007/s41979-020-00044-w>
8. Tariq, R., Aponte Babines, B. M., Ramirez, J., Alvarez-Icaza, I., & Naseer, F. Computational thinking in STEM education: Current state-of-the-art and future research directions. *Frontiers in Computer Science*, 2024. 6: 1480404.
<https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1480404>
9. González-Pizarro, F., López, C., Vásquez, A., & Castro, C. Inequalities in computational thinking among incoming STEM students. *IEEE Transactions on Education*. 2024. Vol.67, №2, P.180-189. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3334193>
10. Биков В.Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної платформи освіти і науки України. *Матеріали метод.семінару НАПН України «Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку»*. 4.04.2019. С.20-26.
11. Barna, O., Morze N., Boiko M. The importance of computational thinking training for primary school teachers. Borys Grinchenko Kyiv University. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/43063/> (дата звернення: 08.03.2026)



12. Тихонова, Т. В., Кошкіна Г. Л. Computational thinking як сучасний освітній тренд. *Open educational e-environment of modern University : Electronic Scientific Professional Journal*. 2018. № 5. 210–221. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2018.5.210221>
13. Тихонова Т. В., Кошкіна Г. Л. Етимологія, генезис та сутність поняття «комп'ютаційне мислення». *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. Т.84, №4. 1-20. <https://doi.org/10.33407/itlt.v84i4.3720>
14. Kush, J. C. Computational Thinking as a Pedagogical Tool for Ukrainian Students. *Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти*, 2019. (9), 21–27. <https://doi.org/10.31865/2414-9292.9.2019.174532>
15. Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 2016. 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
16. Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 2017. 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
17. Кондур О.С. Професійно-орієнтоване навчання вищої математики майбутніх викладачів ІТ-дисциплін у цифровому освітньому середовищі. *Вісник науки та освіти*. 2025. № 12(42). С.1861-1873. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-12\(42\)-1861-1873](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-12(42)-1861-1873)
18. Кондур О. Цифровізація викладання вищої математики: дидактичний потенціал і компетентнісні результати. *Наука і техніка сьогодні. Серія «Педагогіка»*. 2026. №1 (55). С.1376-1391. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1\(55\)-1376-1391](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-1376-1391)
19. Вербівський, Д. С. Концептуальні основи застосування інноваційних технологій в підготовці майбутніх вчителів інформатики. *Наукові записки*.



Серія: Педагогічні науки, 2024. (212), 72-76. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-212-72-76>

20. Медведєва М.О., Жмурко О.І., Криворучко І.І., Ковтанюк М.С. Елементи підготовки майбутніх учителів інформатики до застосування технології формування Computational Thinking. *Фізико-математична освіта*. 2021. Вип.1 (27). 67-75.

21. Медведєва М.О. STEAM-технології у формуванні фахової компетентності майбутніх учителів інформатики. *Українські студії в європейському контексті*. 2024. № 8. 241-247.

22. Denning, P. J. Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 2009. 52(6), 28–30. <https://doi.org/10.1145/1516046.1516054>