

 <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2026-3-29-43>

 <https://orcid.org/0000-0002-4979-7669>

БОДНАРУК Світлана

кандидатка фізико-математичних наук, доцентка, доцентка катедри алгебри та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

 s.bodnaruk@chnu.edu.ua

 <https://orcid.org/0000-0001-7796-7760>

КОЛІСНИК Руслана

кандидатка фізико-математичних наук, доцентка, завідувачка катедри алгебри та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

 r.kolisnyk@chnu.edu.ua

 <https://orcid.org/0000-0002-2388-7711>

ЛУЧКО Вікторія

кандидатка фізико-математичних наук, доцентка, доцентка катедри алгебри та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

 viktoria.luchko@chnu.edu.ua

 <https://orcid.org/0000-0002-5971-8557>

ШЕВЧУК Наталія

кандидатка фізико-математичних наук, доцентка катедри алгебри та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

 n.shevchuk@chnu.edu.ua

УДК 378.147.091.33-027.22:004.8(045)

МЕТОДИКА АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ЧЕРЕЗ ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНУ САМОСТІЙНУ РОБОТУ В УМОВАХ ПОЄДНАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА РУКОПИСНОГО ТЕЗУВАННЯ

Обґрунтовано та розроблено методику акти-ізації пізнавальної діяльності студентів через професійно спрямовану самостійну роботу з використанням штучного інтелекту (ШІ) та рукописного тезування.

Проаналізовано особливості трансформації традиційного реферату в умовах цифровізації освіти та поширення генеративного ШІ.

Визначено основні етапи методики: цифрову генерацію, критичну верифікацію, рукописне структурування та публічну апробацію результатів.

Запропоновано обов'язкову таблицю верифікації ШІ-контенту, фіксацію історії взаємодії з ШІ та рефлексивний усний захист. Встановлено, що поєднання роботи з ШІ, перевірки інформації за академічними джерелами, рукописного тезування та публічного пояснення сприяє активізації пізнавальної діяльності, розвитку критичного мислення, інформаційної грамотності та професійно орієнтованого математичного мислення.

Обґрунтовано пропедевтичний потенціал методики для підготовки студентів до вивчення фахових дисциплін. Практичну реалізацію методики проілюстровано результатами анкетування студентів та аналізу продуктів їхньої навчальної діяльності.

Ключові слова: *пізнавальна діяльність; самостійна робота; професійна спрямованість; штучний інтелект; генеративний ШІ; рукописне тезування; критичне мислення; академічна доброчесність; вища математика.*

Постановка проблеми. В умовах динамічного оновлення освітніх стандартів та переходу на модульні системи навчання спостерігається стійка тенденція до скоро-

чення аудиторного навантаження. Це створює низку критичних бар'єрів, серед яких найгострішим є дефіцит часу на рефлексію.

Наступним викликом є брак часу для подолання розриву між теоретичним базисом та практичним застосуванням. Фокусуючись на формалізованих обчислювальних алгоритмах, викладач часто не встигає розкрити прикладну цінність математики для майбутнього фаху (геодезії, хімії, біології тощо). Як наслідок, під тиском зростаючих вимог ринку праці до фахової компетентності, студенти водночас сприймають фундаментальні дисципліни як відірвані від реальності, що зумовлює формальне ставлення до навчання.

Ситуація ускладнюється тотальною доступністю інструментів генеративного штучного інтелекту (ШІ). В умовах цейтноту виникає ризик повної делегації когнітивної роботи алгоритмам, що веде до академічної недоброчесності та деградації навичок глибокого аналізу.

Мета статті. Мета роботи полягає в обґрунтуванні нової освітньої парадигми, що базується на синергії штучного інтелекту та когнітивних практик. Робота спрямована на розробку методики, де ШІ виконує роль генератора інформаційної «сировини», а інтелектуальні зусилля студента фокусуються на критичному переосмисленні та рукописній фіксації смислів. Такий підхід має на меті трансформацію традиційного реферату в інструмент дієвої пропедевтики, що

забезпечує перехід від репродукції інформації до її усвідомленої трансформації.

Огляд результатів досліджень, дотичних до теми статті. Аналіз поточної наукової дискусії дозволяє виокремити три ключові вектори, на перетині яких формується наша методика.

Вітчизняний досвід професійної спрямованості та цифровізації. Українська методична школа заклала базові уявлення про методику навчання математики як науки про способи, форми, зміст і засоби передачі математичних знань, а також про виховний і розвивальний потенціал навчання. Ретроспективний аналіз підручників і посібників показує, що від другої половини ХХ ст. поступово уточнювалися предмет, структура й функції методики навчання математики як самостійної наукової галузі (Коцацька, 2015). Для сучасного аналізу це важливо, бо цифровізація не скасовує класичні дидактичні засади, а переосмислює їх у новому інструментальному середовищі. Тобто цифрові засоби працюють найефективніше тоді, коли спираються на вже сформовані принципи системності, доступності, наочності та діяльності.

У роботах українських авторів цифровізація математичної освіти описується як перехід від епізодичного використання ІКТ до системної інтеграції цифрових інструментів у підготовку майбутніх учителів математики. На ролі хмарних сервісів, електронних освітніх ресурсів, навчальних платформ і мультимедійних засобів у формуванні цифрової компетентності та методичної готовності педагога наголошує О.Л. Коношевський (Коношевський, 2024). Цифрові технології розглядаються не лише як технічний додаток, а й як засіб активізації дослідницької діяльності, підвищення самостійності, персоналізації навчання й посилення наочності абстрактних математичних понять. Водночас автори підкреслюють типові проблеми: недостатню цифрову та методичну підготовку викладачів, нерівний доступ до інструментів і потребу в педагогічно важеному доборі ресурсів.

Показовими для напряму професійної спрямованості навчання математики у вищій технічній школі є праці М.Б. Ковальчук, яка доводить, що математична підготовка майбутнього інженера має бути пов'язана з прикладним змістом, спеціалізованими інформаційними засобами та технологіями, а також з формуванням алгоритмічного мислення (Ковальчук, 2020).

Ключова ідея тут виникає в тому, що математика у ЗВО має бути не ізольованою дисципліною, а інтеграційною основою фахової підготовки: через задачі професійного змісту, моделювання, інформатико-

математичні зв'язки та логіко-алгоритмічні дії. Це особливо важливо для інженерних спеціальностей, де математичні знання оцінюються через здатність виконувати їх у професійній діяльності.

Зауважимо, що українські дослідники та методисти традиційно приділяють значну увагу професійній і прикладній спрямованості математичної підготовки майбутніх фахівців природничого профілю. Зокрема, І.В. Семенишина та В.Ф. Понеділок обґрунтовують роль прикладної спрямованості навчання математики у формуванні професійної компетентності майбутніх фахівців-аграріїв (Семенишина & Понеділок, 2011). Проблему професійної спрямованості навчання фахових дисциплін майбутніх учителів предметів природничого циклу досліджувала В.М. Квас (Квас, 2010).

Сучасні аспекти математичної підготовки майбутніх учителів природничих наук, зокрема необхідність подолання розриву між теоретичним і практичним складниками та посилення міждисциплінарних зв'язків, розглядає Т.М. Махомета (Махомета, 2025).

Важливе значення для реалізації прикладної спрямованості математичної освіти мають також методичні напрацювання М.І. Бурди, Д.В. Васильєвої, В.В. Волошевої, О.П. Вашуленко та Н.А. Тарасенкової (Бурда та ін., 2024).

На професійному спрямуванні математичної підготовки, інтеграції математичних знань із фаховим змістом та необхідності встановлення міждисциплінарних зв'язків у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців акцентують увагу Т.М. Махомета, І.В. Шищенко, Т.Д. Лукашова (Шищенко & Лукашова, 2022), А.О. Розуменко та А.М. Розуменко (Розуменко & Розуменко, 2020).

Доречно зазначити, що українська наукова думка в цій галузі рухається від опису методики навчання математики як класичної дидактичної системи (Лодатко, 2009) до моделі, в якій цифрові технології та професійна спрямованість залишаються взаємодоповнювальними чинниками якості підготовки.

Ключовим викликом залишається пошук балансу між фундаментальністю математичної освіти та її прикладним характером у межах обмеженого аудиторного часу.

Світові тенденції Active Learning та AI in Education. У світовій STEM-дидактиці ефективність активного навчання порівняно з традиційною лекційною моделлю обґрунтовано, зокрема, у метааналізі S. Freeman, S. Eddy, M. McDonough, M. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt та M. Wenderoth, який охопив 225 досліджень навчання у галузях науки, технологій, інженерії та математики.

Автори встановили, що активне навчання сприяє підвищенню результатів навчання та зменшенню ймовірності неуспішності студентів порівняно з традиційною лекційною моделлю (Freeman et al., 2014). Подальше дослідження E.J. Theobald та співавторів також засвідчило потенціал активного навчання для зменшення розривів у навчальних результатах студентів у STEM (Theobald et al., 2020).

У такій моделі роль викладача зміщується від переважного транслявання інформації до організації активної пізнавальної діяльності студентів, постановки проблемних завдань, надання зворотного зв'язку та фасилітації навчального процесу.

Концепція Active Learning у вищій математиці спирається на думку, що студент засвоює матеріал глибше, коли не лише слухає пояснення, а й розв'язує задачі, обговорює стратегії, робить припущення, перевіряє їх і коригує власне мислення. Метадані й анотація відомої метааналітичної праці в PNAS показують, що active learning підвищує успішність у STEM-дисциплінах і зменшує ризики неуспішності порівняно з традиційною лекцією. Для математики це особливо важливо, бо саме через активну побудову міркування студент переходить від формального відтворення формул до реального розуміння структури (Laurson et al., 2014; Theobald et al., 2020).

Аналіз вітчизняних та закордонних публікацій показує, що на цьому тлі генеративний ШІ, зокрема LLM на кшталт ChatGPT, починають трактувати не як загрозу академічній доброчесності, а як засіб індивідуалізованої підтримки навчання. У джерелах про AI в освіті наголошується, що ШІ може генерувати адаптовані пояснення, навчальні траєкторії, приклади, тести й підказки, а також зменшувати рутинне навантаження на викладача. Це означає, що студент отримує можливість рухатися у власному темпі, а викладач – більше часу для діагностики помилок, коучингу та організації змістовної взаємодії.

Найсуттєвіша зміна полягає в тому, що викладач переходить від ролі транслятора знань до ролі модератора когнітивного процесу. Його завданням стає не лише пояснити тему, а й організувати середовище, де студент ставить запитання, обґрунтовує кроки розв'язання, перевіряє відповіді ШІ та розвиває метакогніцію. У такій моделі викладач навчає не просто «користуватися ChatGPT», а ставити якісний запит, розпізнавати помилки моделі, відрізняти корисну підказку від готового списування та зберігати інтелектуальну самостійність та наукову суб'єктність студента (Боднарук та ін., 2026).

Ця позиція добре узгоджується з Active Learning: ШІ не замінює активну діяльність студента, а може підсилювати її, якщо використовується як інструмент для діалогу, самоперевірки й диференціації. Тобто ціль полягає не в автоматизації мислення, а в тому, щоб ШІ допомагав студенту мислити глибше, швидше виявляти прогалини й краще вбудовувати новий матеріал у наявні знання.

У навчанні вищої математики перспективними є сценарії, у яких ШІ використовується для адаптації пояснення математичного поняття до різних рівнів підготовленості студентів, генерації додаткових прикладів, покрокових підказок і діагностичних завдань. Це зручно для тем, де студенти часто «застрягають» на переході від символів до смислу, наприклад, у межах аналізу, лінійної алгебри чи диференціальних рівнянь. У такому контексті active learning означає, що студент не отримує готове рішення, а рухається через серію малих інтелектуальних дій: передбачення, перевірку, порівняння, аргументацію і рефлексію.

Саме тому у світовому науковому просторі дедалі частіше формується гібридна логіка: active learning + AI support. Вона поєднує сильні сторони студентоцентричного навчання з адаптивними можливостями штучного інтелекту, але залишає в центрі людину, яка ставить цілі, оцінює якість знання й відповідає за смисл навчання.

У підсумку зауважимо, що у сучасній світовій дидактиці вищої математики активне навчання розглядається як провідна модель, що забезпечує глибше концептуальне розуміння та вищі результати навчання, тоді як генеративний штучний інтелект виконує роль персоналізованого тьютора, який адаптує пояснення, завдання й темп навчання до потреб студента.

Нейрофізіологія письма та критичне мислення. Окремий пласт досліджень присвячений вивченню когнітивних переваг рукописного письма над цифровим введенням тексту. Фундаментальні праці, зокрема Х. Мюллера та А. Оппенгеймера (Mueller & Oppenheimer, 2014), а також дослідження А. Манген та співавторів (Mangen et al., 2015), доводять, що фізичний процес письма сприяє кращій сенсомоторній інтеграції та активізації зон мозку, відповідальних за глибокий аналіз. Рукописні нотатки часто сприяють глибшій обробці інформації, ніж набір на клавіатурі, особливо коли йдеться не про механічне записування, а про осмислення змісту. Автори виявили, що студенти, які конспектували від руки, краще відповідали на запитання, що вимагали концептуального розуміння, тоді як

користувачі ноутбуків частіше дослівно записували почуте, що призводило до більш поверхового опрацювання матеріалу. Подібні висновки підтверджують дослідження А. ван дер Меер та Р. ван дер Віла (van der Meer & van der Weel, 2017), які встановили, що письмо від руки активує ширші нейронні мережі мозку, ніж друкування на клавіатурі.

Для математичної підготовки рукописна фіксація інформації може мати особливе дидактичне значення, оскільки математичні записи поєднують символи, формули, схеми, графіки та інші елементи, які студент використовує не лише для фіксації інформації, а й для структурування власних міркувань. На відміну від механічного перенесення готового тексту, рукописне опрацювання математичного матеріалу передбачає відбір суттєвої інформації, її скорочення, символічне представлення та встановлення зв'язків між окремими елементами. У цьому контексті рукописні тези можуть розглядатися як один із засобів активного осмислення та структурування математичного змісту. Це також підтверджується роботами К. Джеймса та Л. Енгельгардта (James & Engelhardt, 2012), де доведено, що рукописне письмо стимулює розвиток когнітивних процесів, пов'язаних із мисленням та просторовим аналізом, а також дослідженням М. Лонгкемпа та колег (Longcamp et al., 2008), у якому встановлено переваги письма від руки для формування стійких когнітивних зв'язків і візуального розпізнавання символів.

Теоретичний аспект (методологія) дослідження

Методи дослідження

Якісне педагогічне дослідження (2014–2026 рр.): цей метод було обрано як провідний для аналізу динаміки когнітивного залучення студентів. Спостереження фокусувалося на зміні ставлення здобувачів до реферування як інструменту пропедевтики фахових знань. Особлива увага приділялася порівняльному аналізу якості засвоєння термінологічного апарату студентами, які використовували метод рукописного тезування, порівняно з тими, хто обмежувався цифровим набором тексту.

1. Анкетування (діагностичний етап): з метою верифікації результатів спостереження було проведено опитування здобувачів вищої освіти за допомогою платформи Google Forms. Анкетування було спрямоване на виявлення «когнітивного відгуку» за такими показниками:

- суб'єктивне відчуття складності при переході до вивчення фахових дисциплін;

- ефективність рукописного фіксування тез для запам'ятовування міжпредметних зв'язків;

- досвід діалогової взаємодії з ІІІ як «навігатором» у професійному контексті.

2. Метод нейропедагогічного аналізу: теоретичне обґрунтування результатів спостереження базувалося на зіставленні отриманих даних із наявними науковими працями щодо ролі дрібної моторики (рукописного письма) у формуванні стійких нейронних зв'язків та активації ретикулярної системи мозку.

3. Аналіз продуктів діяльності: вивчення структури та змісту студентських рефератів, аналіз логів їхньої взаємодії з ІІІ та оцінка якості розроблених студентами прикладних задач дозволили об'єктивно оцінити рівень сформованості їхньої наукової суб'єктності.

Наукова релевантність запропонованої методики обґрунтовується поєднанням тривалого педагогічного досвіду її застосування, результатів педагогічного спостереження та даних анкетування здобувачів вищої освіти. Отримані результати дають підстави для попередньої оцінки доцільності використання методики в умовах цифровізації освітнього процесу та визначення перспектив її подальшого експериментального дослідження.

Об'єктивність дослідження забезпечувалася поєднанням методів тривалого педагогічного спостереження (протягом 12 років) та сучасних методів цифрової рефлексії (анкетування за допомогою Google Forms). Якщо на першому етапі висновки базувалися на якісному аналізі рукописних робіт та результатах очних колокіумів, то другий етап дозволив статистично підтвердити виявлені закономірності через прямий фідбек респондентів.

Ця стаття є логічним продовженням дослідження (Боднарук та ін., 2026), де було обґрунтовано концепцію цифрової маєвтики. Ми продовжуємо розвивати ідею перехресної верифікації даних та публічного захисту результатів у форматі «акваріум», трансформуючи традиційний реферат у засіб активного навчання.

Результати дослідження: методика професійно спрямованої самостійної роботи. Запропонована нами методика є класичним прикладом «гібридного інтелекту», де ІІІ бере на себе роль генератора ідей та великих даних, а людина – роль фільтра, архітектора смислів та контролера.

Суть методики базується на циклічному процесі, де кожний наступний крок підвищує рівень когнітивної залученості студента.

Таблиця 1

Структура методики

Назва етапу	Суть дії
Цифрова генерація	Робота з промптами, отримання бази від ІІІ.
Критична верифікація	Порівняння з підручниками, робота зі Scopus/WoS, заповнення таблиці.
Рукописна концептуалізація	Створення тез, схем та графіків вручну (подолання «ілюзії знання»)
Публічна апробація	Захист логів, пояснення шляху пошуку інформації в аудиторії.

Зупинимося детально на кожному з етапів.

Перший етап: генеративний діалог. На початковому етапі студент перебирає на себе роль дослідника-постановника задачі, використовуючи ІІІ як інструмент для подолання «страху білого аркуша» та виявлення міжпредметних зв'язків, які часто залишаються поза межами стандартних підручників з вищої математики. Дія полягає у формуванні складних промптів, спрямованих на пошук живих професійних контекстів: наприклад, студент-хімік запитує про математичну модель елімінації ліків у крові через диференціальні рівняння першого порядку. Результатом такої взаємодії є отримання прикладного матеріалу, де абстрактні формули набувають конкретного професійного змісту. Це дозволяє досягти ключової мети етапу – підвищення навчальної мотивації через чітку відповідь на запитання: «Навіщо мені це вчити?», що закладає фундамент для подальшого глибокого опрацювання теми.

Другий етап: верифікація та критичний аналіз. Це найважливіший когнітивний етап. ІІІ схильний до галюцинацій або спрощень, тому студент має «допитати» отримані дані, тобто отриманий від ІІІ текст піддається критичному аналізу. Студент зобов'язаний перевірити коректність формул та термінології за допомогою рекомендованої літератури (підручниками, лекціями), даючи, наприклад, відповіді на питання:

- Чи правильно ІІІ вивів формулу?
- Чи існують такі терміни в українській науковій школі?
- Чи не переплутав ІІІ одиниці вимірювання?

У результаті впровадження запропонованого алгоритму верифікації відбувається формування навичок наукової перевірки даних, розвивається критичне мислення та інформаційна гігієна. При цьому студент стає «цензором» машини, що різко підвищує його суб'єктність.

Верифікацію інформації, отриманої від ІІІ, студент може здійснювати за такою градацією джерел залежно від складності матеріалу та підготовки студента:

– Рівень 1 (базовий): шкільні підручники. Для тем, які студенти ще не проходили на профільних катедрах (наприклад, певні розділи органічної хімії для першокурсників-хіміків). Це вчить студентів повертатися до основ і бачити тяглість освіти.

– Рівень 2 (професійний): академічні підручники та посібники. Верифікація математичного апарату (чи правильно ІІІ застосував інтеграл у хімічній формулі чи у задачі, тощо).

– Рівень 3 (науковий): наукометричні бази (Scopus, Web of Science, Google Scholar). Студент має знайти хоча б одну реальну статтю, де згадується подібне застосування математики.

Зауважимо, що в методичних рекомендаціях для студентів варто чітко вказувати які кроки слід здійснити для перевірки контенту, згенерованого ІІІ (в залежності від теми реферату та, відповідно, завдань, що ставляться перед студентом).

Щоб уникнути плагіату, додаємо до методичних рекомендацій пункт про те, що студент має в реферат додати обов'язкову «Таблицю верифікації» (табл. 2 нижче).

Для деяких тем на цьому етапі доцільно передбачити вимогу «промпт-інжиніринг як частина завдання». Тобто студент має не лише підготувати рукописні тези за визначеною темою, а й представити сформульований ним запит до ІІІ. Це спонукає студента самостійно визначати інформаційну потребу, формулювати запит, уточнювати умови отримання відповіді та критично оцінювати її зміст. Таким чином, робота із запитом до ІІІ стає складовою активної пізнавальної діяльності студента та сприяє розвитку навичок критичного опрацювання інформації.

При цьому студент додає до реферату (як додаток або через QR-код / посилання) повну історію свого діалогу з ІІІ. Це дозволяє викладачу побачити:

- еволюцію запиту: чи студент просто написав «зроби мені реферат», чи він уточнював деталі, просив роз'яснити складні моменти, сперечався з ІІІ;
- глибину опрацювання: чи просив студент ІІІ «напиши тези для мого конспекту»? Якщо так, то викладач може порівняти ці тези з тими, що написані в зошиті.

Щоб навіть лог не дозволив просто списати тези, можна дати завдання, яке ІІІ не може виконати в один крок. Наприклад, ІІІ генерує текст про застосування математики в хімії. Студент у логах має показати, як він просить ІІІ порівняти цей текст із

конкретним розділом підручника (який студент сам завантажив або процитував). Ключовою вимогою стає обов'язкова наявність у рукописних тезах елементів критики ІІІ: студент фіксує виявлені розбіжності (наприклад, невідповідність формул у логі та підручнику) і обґрунтовує вибір правильного

варіанта. Такий підхід перетворює лог на доказ інтелектуальної автономії студента, де він виступає не пасивним ретранслятором ІІІ-контенту, а активним верифікатором знань.

Таблиця 2

Верифікація контенту, згенерованого ІІІ
(приклад для студентів, що навчаються за спеціальністю
«Середня освіта (математика)»)

Методична теза / Математичний об'єкт від ІІІ	Джерело перевірки (Підручник / Програма МОН / Стаття)	Статус верифікації та методичний коментар студента
Означення функції: ІІІ дав визначення через «залежність змінної y від x ».	<i>Алгебра, 7 клас</i> (автор Х або Y)	Уточнено. Для шкільного курсу важливо додати, що кожному значенню x відповідає єдине значення y . ІІІ пропустив слово «єдине», що є критичною помилкою для вчителя.
Властивості логарифмів: ІІІ навів формулу суми логарифмів без обмежень на основу та аргумент.	<i>Алгебра і початки аналізу, 11 клас</i> , профільний рівень, (автор Х або Y)	Спростовано. ІІІ не вказав, що $a > 0$, $a \neq 1$ та $x > 0$, $y > 0$. Як вчитель, я маю наголосити учням на ОДЗ, тому в конспекті додаю ці обмеження червоним кольором.
Методика навчання теореми Піфагора: ІІІ запропонував використати метод рівновеликих фігур для 8 класу.	<i>Геометрія, 8 клас</i> (автор Х або Y) підручник за програмою НУШ	Підтверджено. Цей метод відповідає чинній навчальній програмі та є наочним. Використаю цей підхід у своєму сценарії уроку.
Історична довідка: ІІІ стверджує, що від'ємні числа винайшли в Європі в XVII столітті.	<i>Історія математики</i> (автор Х або Y), або тематична стаття в Google Scholar (автор Х або Y)	Спростовано. Від'ємні числа використовувалися ще в Стародавньому Китаї та Індії. ІІІ навів хибну історичну довідку, яку я виправив у рукописних тезах.

Під час виконання цього етапу може виникнути ризик «підробки логів», тобто студент може спробувати «вичистити» лог перед тим, як показати його викладачу. У зв'язку з цим, ми перевіряємо не ідеальність логі, а когнітивний шлях. Якщо тези в зошиті надто ідеальні та збігаються з «причесаним» логом, це привід для додаткового усного запитання. Лог – це лише доказ того, що робота велася.

Саме усвідомлення того, що викладач може переглянути хід думок (логіку запитів), дисциплінує студента. Це змінює модель поведінки з «як обманути систему» на «як використати систему для результату».

Третій етап: рукописне структурування (синтез). Перетворення цифрового масиву даних у фізичний об'єкт – рукописні тези. Це точка «склеювання» знання з пам'яттю. Створення стислого рукописного конспекту-тези (до 3–4 сторінок) є ключовим етапом перетворення інформації на власне знання. Коли студент бачить на екрані складну формулу, згенеровану ІІІ, він її просто «проглядає». Але коли йому треба перенести її рукою в зошит, мозок змушений розпізнати символи, зрозуміти їхню послідов-

ність, візуалізувати структуру рівняння. Таким чином, утворюється так звана «нейрофізіологічна петля», яка запобігає когнітивному розвантаженню під час роботи з ІІІ.

При цьому перед студентом ставиться завдання структурувати матеріал власноруч: виділити головне, накреслити графіки, записати ключові формули.

На етапі практичної реалізації студент трансформує пасивне сприйняття в активне конструювання знань, створюючи рукописні тези (3–4 сторінки А4). Процес інтелектуального стиснення ІІІ-контенту, візуалізація графіків та схем забезпечують глибоку когнітивну обробку інформації. Залучення дрібної моторики гарантує сенсомоторну інтеграцію: обмежена швидкість письма змушує мозок робити паузи для осмислення, що активує зони концептуального розуміння та переводить дані у довгострокову пам'ять. Особливого значення набуває момент подолання когнітивного дисонансу під час верифікації ІІІ-тексту за підручником: ручна фіксація виправленої помилки створює потужний нейронний зв'язок («ефект Еврики»), що остаточно закріплює знання через акт самостійного відкриття.

Ризики, які ми мінімізуємо цим кроком:

1. Інтелектуальна лінь: тепер неможливо просто «скинути» текст, треба гортати книги.

2. Сліпа довіра до алгоритмів: ми формуємо критичне ставлення до технологій.

3. Академічна недоброчесність: пошук у Scopus чи в підручниках – це вже елемент наукової (науково-методичної) роботи, який важко підробити без реальних зусиль.

Четвертий етап: публічний захист та рефлексія. Завершальним етапом стає публічна презентація результатів у форматі лаконічної доповіді (2–3 хвилини) або відповідей на контрольні запитання викладача, де студент має пояснити логіку розв'язання прикладної задачі, спираючись виключно на власні рукописні тези. Такий формат захисту стимулює перехід від пасивного знання («знаю, що написано») до активного володіння матеріалом («розумію і можу пояснити»), що відповідає найвищим рівням засвоєння знань за таксономією Блума. Саме через вербалізацію власноруч зафіксованих смислів досягається інтелектуальна автономія, а традиційна формальна перевірка реферату трансформується у дієвий інструмент глибокого навчання.

Варто зауважити, що рукопис унеможливає простий Copy-Paste, а захист – використання куплених чи згенерованих без осмислення робіт. Окрім когнітивного навантаження, такий підхід забезпечує інтенсивний розвиток м'яких навичок (soft skills), адже під час публічного захисту студент опановує мистецтво аргументації та наукової дискусії. Такий формат забезпечує логічне завершення навчального циклу: від етапу первинного збору неструктурованих даних за допомогою ІІІ до їхньої глибокої когнітивної обробки у формі рукопису та остаточної апробації під час публічної доповіді.

Завершальний етап запропонованої методики (публічний захист у форматі «акваріуму») переміщує фокус оцінювання з фінального тексту на рефлексивний аудит «цифрового ДНК» дослідження. Через відкриті обговорення логів діалогової взаємодії та презентацію протоколів верифікації інформації студент демонструє власну наукову суб'єктність, підтверджуючи роль «керманіча», а не пасивного споживача алгоритмічних рішень. Такий підхід дозволяє перетворити виявлені помилки ІІІ на докази експертності дослідника, а детальне обґрунтування вибору джерел для крос-чекінгу – на інструмент формування академічної доброчесності. У результаті

реалізується модель відкритої декларації (AI-Disclosure) (Miao & Cukurova, 2024), де етичне використання технологій поєднується з колективним досвідом критичного мислення, закладаючи фундамент нової культури наукового пошуку в цифрову епоху.

Окрім того, метод захисту логів в аудиторії (так званий «AI-reporting») знімає з викладача роль детектива, який порівнює кожен рядок, і перетворює його на модератора наукової дискусії.

Ось як цей «захист логів» виглядає в контексті оптимізації часу викладача.

1. Зміна парадигми: перевірка не «результату», а «шляху». Замість того, щоб вчитуватися в кожен реферат вдома, викладач виділяє частину пари на «бліц-презентації». Студент має за 2–3 хвилини відповісти на три запитання:

– Який був початковий промпт і чому ІІІ спочатку відповів не зовсім те, що треба?

– Як відбувалася верифікація через підручник чи Scopus?

– Яку головну тезу він записав від руки як найважливішу?

2. Подолання завантаженості викладача. Груповий фідбек: коли один студент розповідає про помилку ІІІ в хімічній формулі, інші 20 студентів теж це запам'ятовують. Викладач не пояснює це кожному окремо.

– Візуальна перевірка: викладач просто проглядає наявність рукописних тез і «діагонально» лог під час виступу. Це займає в 5 разів менше часу, ніж вичитування стосів паперу.

– Студентський аудит: студенти можуть ставити питання один одному («А чому ти повірив ІІІ в цьому моменті?»), що стимулює критичне мислення всієї групи.

Щоб перевірка реферату та логів не займала багато часу, запитання викладача мають бути рефлексивними – такими, на які неможливо відповісти «так» чи «ні», і відповіді на які немає в самому тексті реферату.

Наведемо орієнтовний перелік контрольних запитань для викладача, розбитих за цілями.

На перевірку усвідомленості (чи розуміє він, що написав?)

– «Ви занотували формулу / тезу Х. Поясніть своїми словами, що зміниться в цій моделі, якщо ми приберемо ось цей параметр?»

– «Яке речення у ваших рукописних тезах було найскладнішим для розуміння, поки ви не зазирали в підручник?»

– «Чому ви обрали саме таку структуру схеми для цього розділу? Як вона пов'яже математику з вашим фахом?»

На виявлення механічного копіювання (тест на «принтер»)

– «У логу III пропонував розгорнутий текст, а ви записали його як три тези. За яким принципом ви відсікали “зайве”?»

– «Покажіть у своєму рукописі місце, де ви не погодилися з логікою III. Як ви його перефразували?»

– «Закрийте, будь ласка, реферат. Намалюйте на дошці ключовий графік з вашої роботи та поясніть його за 30 секунд».

На перевірку верифікації (чи справді він гортав підручник?)

– «У таблиці верифікації ви вказали, що підручник [Назва] підтвердив тезу III. Чи була в підручнику якась умова або зауваження, про яке III “забув”?»

– «Якби ви пояснювали цю тему учню / учениці 9-го класу, що б ви змінили у вашому рукописному конспекті, порівняно з тим, що видав III?»

Питання для майбутніх учителів (методичний рівень)

– «Яку типову помилку може зробити учень, якщо він користуватиметься цим логом III без вашої таблиці верифікації?»

– «Яку частину цього рукописного конспекту ви б винесли на дошку як опорну схему для класу?»

Викладач може не ставити всі питання кожному. Можна вибрати одне випадкове питання зі списку. Якщо студент відповідає впевнено – етап «Рукописної концептуалізації» пройдено успішно.

Особливої ваги етапу публічного захисту надає його нейрофізіологічне підґрунтя, що базується на послідовній вербалізації та багатоканальній обробці знань. У запропонованому циклі «Прочитав (III) – Верифікував (підручник / першоджерело) – Написав (рукописні тези) – Проговорив (публічний виступ)» задіюються майже всі зони кори головного мозку: від зорової та сенсомоторної до асоціативних зон префронтальної кори. Така когнітивна конвергенція гарантує ефективну консолідацію слідів пам'яті – перехід інформації з короткочасної у довгочасну, що і є суттю справжньої пропедевтики.

У цьому контексті радикально змінюються критерії оцінювання: пріоритетом стає не формальна правильність тексту (яка за замовчуванням забезпечується III), а якість аргументації вибору джерел та глибина рефлексивного аналізу логів взаємодії.

Для студентів спеціальності «Середня освіта» така практика набуває додаткового методичного значення, виступаючи превентивно вправою з педагогічного аудиту. Вона озброює майбутніх вчителів алгорит-

мами верифікації учнівських робіт в умовах неминучої експансії генеративних моделей, трансформуючи загрозу академічній доброчесності у дієвий інструмент розвитку критичного мислення.

Критерії та система оцінювання. Система оцінювання за цією методикою зміщує акцент з кінцевого результату (наявності реферату) на процес обробки інформації. Особлива увага приділяється етапу верифікації, оскільки саме він маркує перехід студента від ролі пасивного користувача технологій до ролі експерта, здатного критично оцінювати вихідні дані штучного інтелекту. Рукописний формат тез при цьому виступає не лише як засіб боротьби з плагіатом, а й як об'єктивний доказ індивідуальної інтелектуальної праці.

Таблиця 3

Критерії оцінювання професійно-спрямованої роботи з використанням III та рукописних тез

Критерій	Показники якості (макс балів)
Якість та складність запиту (Prompt Engineering)	Оцінюється здатність студента сформулювати професійно спрямований запит, що вимагає від III не просто визначення, а аналізу зв'язків між математикою та фахом.
Глибина верифікації та критичного аналізу	Студент демонструє виправлені помилки III або доповнює відповідь матеріалами з академічних підручників. Наявність посилань на першоджерела
Якість рукописного структурування	Тези не є суцільним текстом, а містять: логічну структуру, виділені ключові формули, власноруч побудовані графіки чи схеми. Оцінюється лаконічність та змістовність.
Адекватність міжпредметних зв'язків	Наскільки вдало поєднано математичний апарат з прикладним змістом (фармація, інженерія, економіка тощо).
Якість публічного захисту	Вільне володіння матеріалом без зачитування з аркуша, здатність відповісти на запитання викладача та аргументувати власні висновки

Завдяки цим критеріям викладач оцінює не «скільки сторінок написав студент», а як він мислить (запит + аналіз); як він структурує (рукопис); як він аргументує (захист).

Таблиця 4

Система оцінювання
результатів самостійної роботи
(у відсотковому співвідношенні)

Складова етапу	Питома вага	Критерії оцінювання (деталізація)
I. Проєктування запиту	25%	Чіткість професійного контексту в запиті; здатність студента сформулювати проблему, що вимагає від III складного міжпредметного аналізу, а не простої довідки
II. Критична верифікація	25%	Обсяг виявлених та виправлених помилок («галюцинацій») III; якість порівняння з академічними джерелами; наявність коректних посилань на підручники та посібники
III. Когнітивний синтез	25%	Логічність та лаконічність структури рукопису; наявність власноруч побудованих графіків / схем; відсутність механічного переписування та наявність ознак перефразування
IV. Публічна апробація	25%	Впевненість під час доповіді; здатність пояснити логіку математичних висновків своїми словами; якість відповідей на уточнювальні запитання викладача
РАЗОМ	100%	Повний цикл набуття професійної компетентності

Рівноцінний розподіл балів між етапами підкреслює цілісність методики, де робота з інноваційним інструментом (III) має таку ж вагу, як і класична когнітивна діяльність (письмо та публічний захист). Такий рівномірний розподіл (25/25/25/25), на нашу думку, має наступне педагогічне обґрунтування:

1) перші 25% (запит) стимулюють студента до усвідомленої постановки задачі;

2) другі 25% (верифікація) розвивають критичне мислення – студент не вірить III на слово;

3) треті 25% (рукопис) забезпечують нейрофізіологічне закріплення матеріалу (зв'язок «рука-мозок»);

4) фінальні 25% (захист) переводять знання з пасивного стану в активну професійну мову.

Нейрофізіологічне обґрунтування методики. Впровадження алгоритму «III → Верифікація → Рукописні тези → Публічний захист» базується на активації декількох критично важливих рівнів роботи мозку:

– *феномен сенсомоторної інтеграції* (Handwriting Effect): На відміну від друку, рукописне письмо вимагає складних дрібномоторних рухів. Це активує ретикулярну активаційну систему (РАС), яка фокусує увагу на головному та відфільтровує другорядну інформацію. Студент не просто копіює дані, а здійснює їх деконструкцію та повторний синтез.

– *когнітивна переробка через «Методичний розрив»*: Готова відповідь від III часто створює «ілюзію знання». Вимога трансформувати цей текст у власноруч написані тези змушує мозок вийти з режиму «автопілота». Розв'язання когнітивного дисонансу між даними III та підручником (верифікація) є вищою точкою навчання.

– *вербалізація та «Ефект пояснення»*: Публічний захист логів та рукописних тез активізує мовленнєві зони Брока та Верніке, забезпечуючи перехід інформації з короткострокової робочої пам'яті у довгострокову через вербалізацію власного досвіду. Коли студент пояснює аудиторії траєкторію свого пошуку, відбувається не лише закріплення нейронних зв'язків, а й запуск метакогнітивного моніторингу: студент починає чітко усвідомлювати власні прогалини в знаннях за принципом «Я знаю, що я знаю, і як я це перевірю». Такий підхід перетворює механічну доповідь на акт глибокої рефлексії, де критичне переосмислення шляху здобуття знання стає важливішим за сам обсяг отриманої інформації.

Пропедевтичний ефект та результативність. Запропонована методика реалізує концепцію випереджального навчання, де, наприклад, курс вищої математики стає для студентів-хіміків майданчиком для змістовної пропедевтики фахових дисциплін. Реферат трансформується з формального завдання на інструмент професійної самоідентифікації студента вже на початкових етапах навчання. В умовах дефіциту аудиторного часу це дозволяє не лише опанувати математичний апарат, а й сформулювати в студентів «когнітивну карту» їхньої майбутньої професійної траєкторії:

– *формування професійного контексту*: працюючи над рефератом (наприклад, «Застосування диференціальних рівнянь у хімічній кінетиці»), студент-хімік вперше стикається з поняттями, що стануть базовими на старших курсах у межах фізичної чи аналітичної хімії. Це створює ефект «знайомого терміну»: коли студент дійде до вивчення спеціальних предметів, його мозок уже

матиме сформовані нейронні зв'язки щодо математичної природи хімічних процесів. Попереднє опрацювання фахових процесів через математику полегшує засвоєння спеціальних предметів у майбутньому.

– *подолання психологічного бар'єру*: часто студенти сприймають вищу математику як абстрактну перешкоду. Використання ІІІ для пошуку прикладів (наприклад, роль матриць у геодезичних розрахунках або математичне моделювання фармакокінетики) демонструє прикладну життєздатність знань. Це перетворює навчання з примусового на цілеорієнтоване.

– *міжпредметна інтеграція*: студент спеціальності «Середня освіта (математика)», розробляючи прикладні задачі для школярів через ІІІ-генерацію та рукописну концептуалізацію, фактично проводить ранню апробацію своєї методичної компетентності. Це дозволяє поєднати вивчення ІТ-інструментів, математики та педагогіки в єдиний навчальний цикл.

Ефект випереджального навчання мінімізує «адаптаційний шок» при переході до вузькоспеціалізованих дисциплін. Студенти демонструють вищу готовність до сприйняття складного матеріалу, оскільки вони вже власноруч (через етап «Рукописна концептуалізація») опрацювали математичну логіку цих процесів. Таким чином, реферат перестає бути формальністю, стаючи інструментом професійної самоідентифікації студента вже на перших курсах навчання.

Результати апробації (педагогічний експеримент). Дослідження було проведено у II семестрі 2025 – 2026 н.р. шляхом анкетування 12 студентів щодо використання інструментів штучного інтелекту під час підготовки тез з вищої математики та встановлення міжпредметних зв'язків між математикою і майбутньою професійною діяльністю.

Google-форма містила питання відкритого та закритого типу, спрямовані на виявлення:

- особливостей використання ІІІ-інструментів;
- рівня усвідомлення прикладного значення математики;
- критичного ставлення до інформації, отриманої від ІІІ;
- ролі рукописного тезування у процесі засвоєння знань;
- академічних джерел, використаних для верифікації інформації.

В анкетуванні взяли участь студенти, які виконували навчально-дослідницькі завдання з тематики застосування математичних методів у різних галузях, зокрема у хімії, геодезії та інших напрямках.

Серед тем робіт респондентів переважали:

- елементарні функції та їх властивості;
- застосування математики в хімії;
- використання теорії матриць;
- прикладні аспекти математичного моделювання.

Результати опитування показали активне використання студентами сучасних цифрових технологій та сервісів штучного інтелекту.

Найчастіше студенти використовували:

- ChatGPT;
- Gemini;
- Copilot;
- пошукові системи Google;
- Вікіпедію як додаткове джерело уточнення інформації.

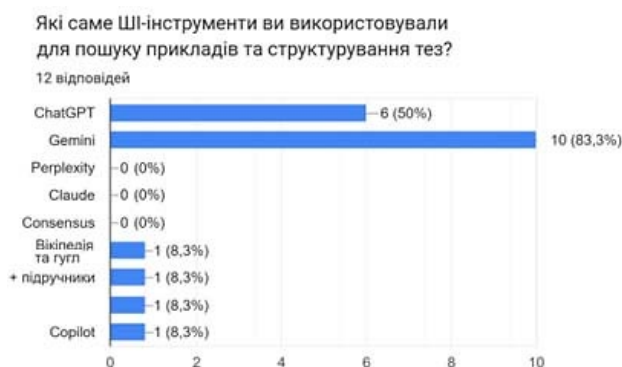


Рис. 1. Діаграма вибору ІІІ-інструментів

Переважна більшість респондентів зазначила, що ІІІ допоміг:

- швидше знайти приклади прикладного застосування математичних понять;
- структурувати матеріал;
- сформулювати логіку викладу тез;
- побачити міжпредметні зв'язки між математикою та спеціальністю.

За результатами анкетування більшість студентів оцінила допомогу ІІІ на середньому та високому рівнях (3–5 балів за п'ятибальною шкалою).

Це свідчить про те, що інструменти штучного інтелекту:

- сприяють формуванню професійно орієнтованого математичного мислення;
- допомагають актуалізувати прикладний зміст математичних тем;
- підвищують мотивацію до навчальної діяльності.

Наскільки використання ІІІ допомогло вам знайти зв'язок математичної теорії з вашою майбутньою спеціальністю (хімією) (1 - мінімально, 5 - максимально)?
12 відповідей

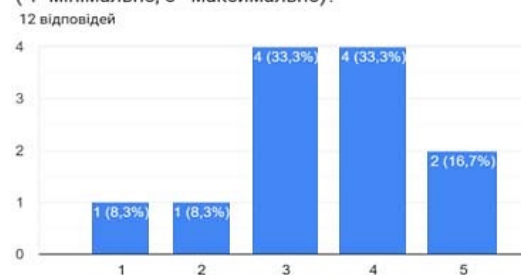


Рис. 2. Розподіл оцінок ефективності ІІІ

Водночас окремі студенти вказували на обмеженість або поверховість окремих відповідей ШІ, що актуалізує необхідність розвитку критичного мислення та інформаційної грамотності.

Одним із ключових результатів дослідження стало усвідомлення студентами важливості поєднання цифрових технологій із традиційними когнітивними практиками.

Студенти відзначили такі переваги ланцюжка:

«Запит до ШІ → Верифікація в підручнику → Рукописне тезування»:

- глибше розуміння прикладного змісту математичних понять;
- критичне оцінювання інформації;
- краще структурування матеріалу;
- усвідомлене засвоєння знань;
- формування індивідуального стилю опрацювання інформації.

Аналіз відкритих відповідей показав, що саме процес ручного переписування та переосмислення інформації допомагав студентам:

- виділяти головне;
- узагальнювати матеріал;
- встановлювати логічні зв'язки;
- переносити знання у професійний контекст.

Важливим результатом дослідження стало те, що значна частина студентів стикалася з неточностями або вигаданими фактами («галюцинаціями») ШІ.

Це підтверджує необхідність:

- систематичної перевірки інформації;
- використання академічних джерел;
- розвитку навичок критичного аналізу цифрового контенту.

Чи стикалися ви з неточностями або вигаданими фактами («галюцинаціями») ШІ у процесі роботи? (вибрати одну відповідь)
12 відповідей

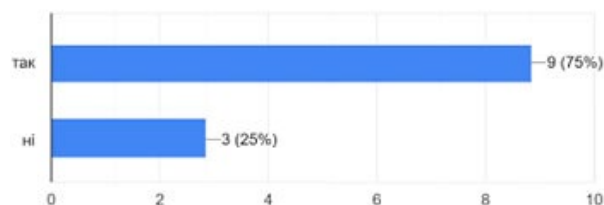


Рис. 3. Відсоток студентів, які стикалися з «галюцинаціями» ШІ

Отримані результати демонструють, що ефективне використання ШІ в освіті можливе лише за умови поєднання цифрових інструментів із науковою верифікацією.

Під час перевірки інформації студенти використовували:

- З математики:
- шкільні підручники;

- посібники з вищої математики;
- спеціалізовані навчальні матеріали, конспекти лекцій.

З фахових дисциплін:

- навчальні посібники;
- довідкові матеріали;
- підручники з фахових дисциплін;
- електронні ресурси.

Це свідчить про збереження ролі традиційних академічних джерел навіть в умовах активного використання ШІ.

Результати дослідження дозволяють стверджувати, що інтеграція інструментів штучного інтелекту у процес навчання математики: сприяє розвитку міжпредметного мислення; підвищує когнітивну активність студентів; допомагає формувати професійно орієнтовані компетентності; активізує процеси аналізу, узагальнення та рефлексії.

Опитування підтверджує необхідність педагогічного супроводу використання ШІ та розвитку культури академічної доброчесності.

Отже, інструменти штучного інтелекту стали важливим засобом підтримки навчально-дослідницької діяльності студентів. Найбільш поширеними ШІ-сервісами серед студентів є ChatGPT, Gemini та Copilot. Поєднання ШІ, академічної верифікації та рукописного тезування сприяє глибшому засвоєнню знань і формуванню професійного бачення ролі математики.

Значна частина студентів стикалася з неточностями ШІ, що підтверджує необхідність розвитку критичного мислення. Використання ШІ у математичній освіті є перспективним напрямом модернізації професійної підготовки майбутніх фахівців, однак потребує методично виваженого впровадження.

Дидактичні ризики впровадження методики та стратегії їх нівелювання. Реалізація цієї методики неминуче супроводжується низкою системних викликів, які, втім, при правильному підході трансформуються з бар'єрів на точки когнітивного зростання. Основним каменем спотикання є ризик «механічного переписування», коли студент сприймає рукописний етап як рутинну формальність. Для нівелювання цього ефекту методика радикально змінює вимоги до формату подання: замість лінійного тексту впроваджується вимога графічної трансформації – створення ментальних карт, структурних схем або порівняльних таблиць. Це змушує мозок не просто копіювати, а здійснювати семантичне перекодування інформації, що автоматично вмикає глибокі когнітивні процеси.

Паралельно постає загроза так званих «ІІІ-галюцинацій», коли алгоритм генерує фактологічні чи математичні помилки. Замість того, щоб ігнорувати цей ризик, ми перетворюємо його на інструмент розвитку критичного мислення через окремий етап верифікації. Студент зобов'язаний підтвердити ключові формули посиланням на академічний підручник, що перетворює його з пасивного споживача на активного верифікатора істини. Такий підхід ефективно руйнує «ілюзію компетентності» – когнітивне спотворення, при якому легкість отримання відповіді від ІІІ помилково сприймається як власне знання. Щоб остаточно подолати це відчуття хибного всезнайства, завдання доповнюється вимогою синтезу: студент має розробити власний оригінальний приклад, якого не було в генерації ІІІ.

Щодо можливого скептицизму «цифрових фундаменталістів», які вбачають у рукописному письмі ретроградство, наш підхід спирається на залізни аргументи нейрофізіології. Ми чітко розмежовуємо режими роботи: цифровий інструментарій (Digital) слугує для швидкої обробки даних, тоді як аналоговий (Analog) – для глибокого навчання та створення стійких нейронних зв'язків. Це не крок назад, а свідомий вибір специфічного когнітивного режиму, необхідного для консолідації складних знань. Більше того, хоча методика здається трудомісткою, вона розв'язує «часовий парадокс» шляхом переходу від кількості до якості. Замість механічного розв'язання десятків абстрактних задач, студент фокусується на одному глибокому кейсі, перерозподіляючи свій обмежений часовий ресурс із виконання репродуктивних функцій на фундаментальне розуміння суті предмета.

Наукова новизна запропонованої методики, базується на результатах трендового дослідження (2014–2026 рр.), що простежило еволюцію самостійної роботи студентів від ери активного пошуку в Google Search до епохи ІІІ-генерації з ризиками когнітивної пасивності.

Для забезпечення автентичності самостійної роботи та запобігання когнітивній пасивності в умовах цифровізації, методика передбачає обов'язкову фіксацію та аналіз логів взаємодії. Такий підхід дозволяє викладачу оцінити інтелектуальну траєкторію студента, перетворюючи контроль із перевірки фінального тексту на аудит процесу мислення. Порівняння згенерованих ІІІ тез із рукописним результатом стає індикатором рівня критичного переосмислення матеріалу, де ІІІ виступає лише «поста-

чальником сировини», а студент – архітектором власного знання.

Результати проведеного педагогічного спостереження та анкетування дають підстави вважати перспективним поєднання цифрового та рукописного форматів самостійної роботи студентів. Запропонована методика спрямована на активізацію самостійного опрацювання інформації, її критичну перевірку та структурування у формі рукописних тез. Важливою її складовою є усвідомлене використання генеративного ІІІ як допоміжного інструменту, результати роботи якого студент має перевіряти та переосмислювати.

Водночас отримані результати мають характер попередньої емпіричної оцінки й не дають підстав для однозначного висновку про довготривалі когнітивні ефекти рукописного опрацювання або зниження труднощів адаптації студентів до вивчення фахових дисциплін.

Подальше дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку ефективності запропонованої методики із залученням контрольної та експериментальної груп, кількісних показників навчальних результатів і методів математико-статистичного аналізу. Ефективність рукописного опрацювання ІІІ-інформації обґрунтована нейрофізіологічною потребою в сенсомоторній активації мозку.

Рукописна фіксація виступає «когнітивним фільтром», який уповільнює процес споживання інформації, змушуючи здобувача здійснювати її семантичну компресію та структурування.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Запропонована методика базується на ефекті «випереджального навчання» (пропедевтика), що дозволяє підготувати студентів до вивчення складних фахових дисциплін через прикладний аспект вищої математики.

В умовах дефіциту аудиторного часу це допомагає сформувати цілісну «когнітивну карту» майбутньої професійної траєкторії. Попереднє опрацювання математичної природи фахових процесів сприяє формуванню нейронних зв'язків, що мінімізує «адаптаційний шок» при переході до вузькоспеціалізованих дисциплін.

Оскільки студенти вже власноруч опрацювали логіку фахових процесів на етапі «рукописної концептуалізації», вони демонструють вищу готовність до сприйняття складного матеріалу, а реферат трансформується з формального завдання на інструмент професійної самоідентифікації.

Чотирирівневий підхід (цифрова генерація – верифікація – фізична фіксація – соціальна вербалізація) дозволяє за обмежену кількість годин досягти глибини розуміння, яка раніше потребувала значно більшого часу на традиційні пояснення.

Перспективи впровадження методу вбачаються у його масштабуванні на інші природничі дисципліни (фізику, хімію, біологію) з високим рівнем абстрактності. Універсальність методики дозволяє адаптувати її до будь-якої спеціальності, де існує запит на випереджальне навчання. Варто зауважити, що методика потребує чіткого контролю: ризик механічного копіювання нівелюється через вимогу графічної візуалізації (схем, моделей, графіків) та обов'язкову верифікацію даних за допомогою академічних джерел.

Список бібліографічних посилань

- Боднарук та ін., 2026 – Боднарук, С.Б., Колісник, Р.С., & Шевчук, Н.М. (2026). Діалогова взаємодія з ІІІ як інструмент розвитку наукової суб'єктності студента. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки*, (1), 26–39. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2026-1-26-39>
- Бурда та ін., 2024 – Бурда, М.І., Васильєва, Д.В., Волошена, В.В., Ващуленко, О.П., & Тарасенкова, Н.А. (2024). *Прикладна спрямованість навчання математики в гімназії: Методичний посібник* [Електронне видання]. Київ: Видавничий дім «Освіта». URL: <https://undip.org.ua/library/prykkladna-spramovanist-navchannia-matematyky-v-himnazii/>
- Квас, 2010 – Квас, В.М. (2010). *Професійна спрямованість навчання фахових дисциплін майбутніх учителів предметів природничого циклу*: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Черкаси. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0410U003319/>
- Ковальчук, 2020 – Ковальчук, М.Б. (2020). *Професійна спрямованість навчання математики як інтеграційна основа фахової підготовки студентів інженерних спеціальностей* [Монографія]. ВНТУ. 348 с.
- Козацька, 2015 – Козацька, І.В. (2015). Навчально-методичний супровід професійно-педагогічної підготовки майбутнього вчителя математики у другій половині ХХ ст. *Народна освіта*, 3(27). https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=5050
- Коношевський, 2024 – Коношевський, О. (2024). Підготовка майбутніх учителів математики до застосування цифрових технологій в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти. *Математика, інформатика, фізика: наука та освіта*, 1(2), 200–209. <https://doi.org/10.31652/3041-1955/2024-01-02-10>
- Лодатко, 2009 – Лодатко, Є.О. (2009). Моделювання різнорівневих реалізацій дидактичних систем. *Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки*, 164, 116–121.
- Локшина, 2021 – Локшина, О.І. (2021). Виконання наукового дослідження «Тенденції розвитку шкільної освіти в країнах ЄС, США та Китаї» (2018–2020 рр.) відділом порівняльної педагогіки Інституту педагогіки НАПН України: наукова доповідь на засіданні Президії НАПН України 21 жовтня 2021 р. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, 3(2), 1–6. <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2021-3-2-2-3>
- Махомета, 2025 – Махомета, Т.М. (2025). Конtradикції математичної підготовки майбутніх учителів природничих наук. *Наукові записки. Серія: Проблеми природничо-математичної, технологічної та професійної освіти*, (1), 95–105. <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2025-1-12>
- Розуменко & Розуменко, 2020 – Розуменко А.О., Розуменко А.М. (2020). Фахове спрямування математичних дисциплін при підготовці майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, 2(24), 134–141. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-018>
- Семенишина & Понеділок, 2011 – Семенишина, І.В., Понеділок, В.Ф. (2011). Прикладна спрямованість навчання математики у формуванні професійної компетентності майбутніх фахівців-аграріїв. *Збірник наукових праць «Педагогічні науки»*, 1(57), 335–341. URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/uk/article/view/4101/3610>
- Шищенко & Лукашова, 2022 – Шищенко, І., Лукашова, Т. (2022). Інтеграція змісту фахових математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 55–62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-009>
- Freeman et al., 2014 – Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- James & Engelhardt, 2012 – James, K.H., & Engelhardt, L. (2012). The effects of handwriting experience on functional brain development in pre-literate children. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.08.001>
- Laursen et al., 2014 – Laursen, S.L., Hassi, M.-L., Kogan, M., & Weston, T.J. (2014). Benefits for women and men of inquiry-based learning in college mathematics: A multi-institution study. *Journal of Research in Mathematics Education*, 45(4), 406–418. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.45.4.0406>
- Longcamp et al., 2008 – Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J.-C., Anton, J.-L., Roth, M., Nazarian, B., & Velay, J.-L. (2008). Learning through hand- or type-writing influences visual recognition of new graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(5), 802–815. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20504>
- Mangen et al., 2015 – Mangen, A., Anda, L.G., Oxborough, G.H., & Brønnick, K. (2015). Handwriting versus keyboard writing: Effect on word recall. *Journal of Writing Research*, 7(2), 227–247. <https://doi.org/10.17239/jowr-2015.07.02.1>
- Miao & Cukurova, 2024 – Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>
- Mueller & Oppenheimer, 2014 – Mueller, P.A., & Oppenheimer, D.M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25(6), 1159–1168. <https://doi.org/10.1177/0956797614524581>
- Theobald et al., 2020 – Theobald, E.J., Hill, M.J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E.N., Behling, S., Chambwe, N., Cintrón, D.L., Cooper, J.D., Dunster, G., Grummer, J.A., Hennessey, K., Hsiao, J., Islam, N., Kasahara, M., Loftus, K.J., Low, M.S., Lunn, A.D., Miller, S.J., Freeman, S. (2020). Active learning narrows

- achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476–6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>.
- Van der Meer & van der Weel, 2017 – Van der Meer, A.L.H., & van der Weel, F.R. (2017). Only three fingers write, but the whole brain works: A high-density EEG study showing advantages of drawing over typing for learning. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 706. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00706>.
- ### References
- Bodnaruk, S.B., Kolisnyk, R.S., & Shevchuk, N.M. (2026). Dialogic interaction with AI as a tool for developing students' scientific subjectivity. *Bulletin of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. Series: Pedagogical Sciences*, (1), 26–39. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2026-1-26-39> [in Ukr.].
- Burda, M.I., Vasylieva, D.V., Voloshena, V.V., Vashulenko, O.P., & Tarasenkova, N.A. (2024). *Applied orientation of mathematics teaching in gymnasium: A methodological guide* [Electronic edition]. Osvita Publishing House. URL: <https://undip.org.ua/library/prykladna-spriamovanist-navchannia-matematyky-v-himnazii/> [in Ukr.].
- Kvas, V.M. (2010). *Professional orientation of teaching professional disciplines to future teachers of natural sciences*: abstract Ph.D dissertation in Pedagogy. Cherkasy: Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/search-doc/0410U003319/> [in Ukr.].
- Kovalchuk, M.B. (2020). *Professional orientation of mathematics teaching as an integrative basis for the professional training of engineering students* [Monograph]. VNTU. 348 p. [in Ukr.].
- Kozatska, I.V. (2015). Educational and methodological support of the professional and pedagogical training of future mathematics teachers in the second half of the 20th century. *Narodna Osvita*, 3(27). https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=5050 [in Ukr.].
- Konoshevskiy, O. (2024). Training future mathematics teachers to apply digital technologies in the educational process of general secondary education institutions. *Mathematics, Computer Science, Physics: Science and Education*, 1(2), 200–209. <https://doi.org/10.31652/3041-1955/2024-01-02-10> [in Ukr.].
- Lodatkо, Ye.O. (2009). Modeling of multi-level implementations of didactic systems. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Pedagogical Sciences*, 164, 116–121 [in Ukr.].
- Lokshyna, O.I. (2021). Implementation of the research study “Trends in the development of school education in the EU countries, the USA, and China” (2018–2020) by the Department of Comparative Pedagogy of the Institute of Pedagogy of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine: Scientific report at the meeting of the Presidium of the NAES of Ukraine on October 21, 2021. *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 3(2), 1–6. <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2021-3-2-2-3> [in Ukr.].
- Makhometa, T.M. (2025). Contradictions in the mathematical training of future teachers of natural sciences. *Scientific Notes. Series: Problems of Natural Sciences, Mathematics, Technology and Vocational Education*, (1), 95–105. <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2025-1-12> [in Ukr.].
- Rozumenko A.O., Rozumenko A.M. (2020). Professional orientation of mathematical disciplines in the training of future mathematics teachers. *Physical and mathematical education*, 2(24), 134–141. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-018> [in Ukr.].
- Semenyshyna, I.V., Ponedilok, V.F. (2011). Applied orientation of mathematics teaching in the formation of professional competence of future agricultural specialists. *Collection of Scientific Papers “Pedagogical Sciences”*, 57(1), 335–341. URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/uk/article/view/4101/3610> [in Ukr.].
- Shyshenko, I., Lukashova, T. (2022). Integration of the content of specialized mathematical disciplines in the professional training of future mathematics teachers. *Physical and mathematical education*, 34(2), 55–62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-009> [in Ukr.].
- Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- James, K.H., & Engelhardt, L. (2012). The effects of handwriting experience on functional brain development in pre-literate children. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.08.001>.
- Laursen, S.L., Hassi, M.-L., Kogan, M., & Weston, T.J. (2014). Benefits for women and men of inquiry-based learning in college mathematics: A multi-institution study. *Journal of Research in Mathematics Education*, 45(4), 406–418. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.45.4.0406>.
- Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J.-C., Anton, J.-L., Roth, M., Nazarian, B., & Velay, J.-L. (2008). Learning through hand- or typewriting influences visual recognition of new graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(5), 802–815. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20504>.
- Mangen, A., Anda, L.G., Oxenburgh, G.H., & Brønnick, K. (2015). Handwriting versus keyboard writing: Effect on word recall. *Journal of Writing Research*, 7(2), 227–247. <https://doi.org/10.17239/jowr-2015.07.02.1>.
- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>.
- Mueller, P.A., & Oppenheimer, D.M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25(6), 1159–1168. <https://doi.org/10.1177/0956797614524581>.
- Theobald, E.J., Hill, M.J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E.N., Behling, S., Chambwe, N., Cintrón, D.L., Cooper, J.D., Dunster, G., Grummer, J.A., Hennessey, K., Hsiao, J., Islam, N., Kasahara, M., Loftus, K.J., Low, M.S., Lunn, A.D., Miller, S.J., . . . Freeman, S. (2020). Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476–6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>.
- Van der Meer, A.L.H., & van der Weel, F.R. (2017). Only three fingers write, but the whole brain works: A high-density EEG study showing advantages of drawing over typing for learning. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 706. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00706>.

BODNARUK Svitlana

Ph.D in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Algebra and Informatics,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

KOLISNYK Ruslana

Ph.D in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Head at the Department of Algebra and Informatics,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

LUCHKO Viktoriia

Ph.D in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Algebra and Informatics,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

SHEVCHUK Nataliia

Ph.D in Physics and Mathematics, Associate Professor at the Department of Algebra and Informatics,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

**METHODOLOGY FOR ACTIVATING STUDENTS' COGNITIVE ACTIVITY THROUGH
PROFESSIONALLY ORIENTED INDEPENDENT WORK IN THE CONTEXT
OF COMBINING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND HANDWRITTEN NOTE-TAKING**

Summary. *Background.* The reduction of classroom time and the widespread availability of generative artificial intelligence (AI) increase the need for methods that preserve students' cognitive engagement and academic integrity in independent work. *Objective.*

The purpose of the article is to substantiate and develop a methodology for activating students' cognitive activity through professionally oriented independent work that combines AI-supported information generation, critical verification, handwritten note-taking, and public reflection.

Methods. The study is based on trend-oriented pedagogical observation conducted from 2014 to 2026, student surveys, analysis of educational products and interaction logs, and theoretical analysis of research on handwriting and learning.

Results. A four-stage methodology is proposed: Digital Generation, Critical Verification, Handwritten Conceptualization, and Public Approbation. The methodology includes verification tables for AI-generated content, documentation of AI interaction, handwritten synthesis, and reflective oral defense.

The results of student surveys indicate the usefulness of combining AI tools with academic verification and handwritten synthesis for developing critical thinking, information literacy, and professionally oriented mathematical thinking. *Scientific novelty.*

The methodology integrates AI-supported information work with handwritten synthesis and process-oriented assessment, shifting the focus from the final text to the student's cognitive trajectory. *Practical significance.* The proposed approach can be adapted for mathematics and other natural science disciplines in which students need to connect abstract theoretical knowledge with professional contexts.

Keywords: cognitive activity; independent work; professional orientation; artificial intelligence; generative AI; handwritten note-taking; critical thinking; academic integrity; higher mathematics.

Objective. The purpose of the article is to substantiate a hybrid methodological model for the «Professional-Oriented Essay», which integrates AI-generated insights with neurophysiological cognitive stabilization (handwriting) to ensure effective propaedeutics and academic integrity.

Methods. The study is trend-based and relies on qualitative pedagogical observation of the evolution of educational practices from 2014 to 2026. The methodology employs «triangulation of research methods», combining qualitative analysis of educational products, quantitative verification via student surveys, and the application of cognitive neuroscience principles to analyze the «handwriting effect» on long-term memory consolidation.

Results. The authors propose a four-stage «Cognitive Convergence» cycle: Digital Generation (AI-dialogue) – Critical Verification (source audit) – Manuscript Conceptualization (manual sketching and mind mapping) – Social Verbalization (public defense). It is proven that handwriting acts as a «cognitive filter» that prevents the «illusion of competence» and ensures the transition of knowledge from short-term to long-term memory.

The model transforms the traditional essay from a formal reproductive task into a tool for professional self-identification and «pre-emptive learning» (propaedeutics), which significantly reduces «adaptation shock» during subsequent specialized courses.

Scientific Novelty. For the first time, a methodology is formulated that synchronizes High-Tech (AI prompt-engineering) with High-Touch (manual tactile writing) to overcome the barriers of abstract mathematical education. The concept of «Process Audit» is introduced, shifting assessment from the AI-generated final text to the analysis of interaction logs and the depth of manual synthesis.

Practical Significance. The developed protocols allow for achieving deep conceptual understanding within limited classroom hours. The methodology is universal and can be scaled to other natural science disciplines (Physics, Chemistry, Biology) where bridging the gap between abstract theory and professional practice is required.

Keywords: cognitive activity; independent work; professional orientation; artificial intelligence; generative AI; handwritten thesis; critical thinking; academic integrity; higher mathematics.

Одержано редакцією 27.05.2026
Прийнято до публікації 30.08.2026