

УДК 355.237:[378.04:004

DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.33989/2075-146X.2026.37.361680](https://doi.org/10.33989/2075-146X.2026.37.361680)

**ЄВГЕН ЖИВИЛО**

ORCID: 0000-0003-4077-7853

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

**СЕРГІЙ ГОЛУБЦОВ**

ORCID: 0009-0004-1345-6565

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

## **ІТ-ФАХІВЦІ КВАНТОВОЇ ЕРИ У ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИЩОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**

---

У статті досліджено проблеми модернізації системи вищої військової освіти України в умовах розвитку квантових обчислень, нейромережових технологій та цифрової трансформації оборонного сектору. Обґрунтовано необхідність перегляду теоретико-методичних засад професійної підготовки військових фахівців з урахуванням сучасних технологічних викликів і потреб інформаційно насиченого бойового середовища.

Метою дослідження є наукове обґрунтування умов інтеграції квантової інформатики та інтелектуальних ІТ у систему професійної підготовки майбутніх військових фахівців. У дослідженні використано системно-структурний і порівняльно-педагогічний аналіз, а також метод експертного оцінювання можливостей симуляційних платформ квантового моделювання.

Виявлено структурний розрив між традиційною теоретичною підготовкою та практичними вимогами сучасних військових операцій, що зумовлює потребу у впровадженні адаптивних освітніх моделей та індивідуалізованих освітніх траєкторій. Встановлено, що ключовими чинниками модернізації є інтеграція квантових технологій і систем штучного інтелекту в освітній процес, розвиток цифрової інфраструктури, використання віртуалізованих лабораторій та впровадження моделі дуального наставництва із залученням ІТ-практиків. Запропоновано багаторівневу модель модернізації вищої військової освіти, яка поєднує технологічний, педагогічний та організаційний компоненти й забезпечує формування цифрових, аналітичних та професійно-прикладних компетентностей військових фахівців. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання під час розроблення освітніх програм, удосконалення нормативно-правового забезпечення діяльності військових закладів освіти та реалізації державної політики цифрової трансформації оборонного сектору.

**Ключові слова:** військова освіта, квантова ера, нейромережові технології, цифрові компетентності, адаптивні освітні моделі, індивідуальні освітні траєкторії, дуальне наставництво, цифрова трансформація, оборонний сектор

**Постановка проблеми.** Сучасний етап розвитку оборонного сектору характеризується активним впровадженням квантових обчислень, постквантової криптографії та методів штучного інтелекту, що трансформують підходи до ведення бойових дій і управління військовими системами (Reding, De Lucia, Blanco, Regan, & Bayliss, 2023; Lantyer, 2025; Живило, & Кучма, 2025). Водночас у наукових дослідженнях підкреслюється зростаюча потреба у формуванні квантово-орієнтованих компетентностей та підготовці фахівців нового типу, здатних працювати в умовах високотехнологічного середовища (Kaur, & Venegas-Gomez, 2022; Oikonomou, Savvas, & Iatrellis, 2025; Є. Живило, & І. Живило, 2021).

Попри це, у системі вищої військової освіти спостерігається розрив між змістом підготовки та актуальними вимогами практики, що проявляється у недостатній інтеграції квантових і інтелектуальних технологій у навчальний процес, обмеженості матеріально-технічної бази та дефіциті фахівців із відповідним досвідом (Seskir et al., 2022; Mamun, 2025). Це зумовлює зниження ефективності формування професійних компетентностей військових кадрів і їх готовності до діяльності в умовах інформаційно-операційного середовища.

Водночас, сучасні підходи до підготовки кадрів у сфері квантових технологій акцентують на необхідності впровадження практико-орієнтованого навчання, зокрема через використання лабораторно-інтегрованих моделей та симуляційних середовищ (Farooq, & Upadhyay, 2025; Barrionuevo, & Aguirre, 2025). Такі підходи сприяють формуванню системного та аналітичного мислення, необхідного для роботи з квантовими та інтелектуальними системами.

Таким чином, наукова проблема полягає у відсутності системної моделі інтеграції квантових та інтелектуальних інформаційних технологій у підготовку військових фахівців. Її вирішення передбачає розроблення адаптивних освітніх підходів, орієнтованих на індивідуалізацію навчання, залучення ІТ-практиків та використання віртуалізованих освітніх середовищ, що відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуальних освітніх систем (Golec, Natay, Gill, & Vuuya, 2025).

**Аналіз актуальних досліджень.** Аналіз наукових джерел засвідчує зростання уваги вітчизняних дослідників до цифрової трансформації вищої військової освіти та впливу ІТ на формування професійних компетентностей військових фахівців. Зокрема, у Концепції трансформації системи військової освіти та наукових дослідженнях обґрунтовується необхідність оновлення освітніх стандартів і переходу до компетентнісно орієнтованих моделей навчання (*Концепція трансформації системи військової освіти*, 1997). Водночас представники української педагогічної спільноти розглядають позааудиторні форми правової освіти у вищій військовій школі України як прояв академічної свободи та важливий чинник формування правової культури майбутніх кадрів за військовим спрямуванням (Мокляк, 2022). Поряд із цим у фаховому науковому обговоренні увага зосереджується на загальних процесах оновлення освітньої системи, що дає змогу краще зрозуміти умови та логіку таких змін. У цьому контексті у науковій статті, присвяченій трансформації національної системи освіти з урахуванням досвіду держав – членів НАТО (Голубцов, 2025), наголошується на необхідності гармонізації освітніх стандартів, упровадження сучасних підходів до навчання та забезпечення сумісності систем військової освіти. Проте більшість праць у сфері педагогіки вищої школи акцентують на ролі штучного інтелекту як інструменту трансформації освітнього середовища та розвитку критичного мислення (Bollaert, 2025; Manousou, 2025).

Попри це, більшість національних досліджень зосереджена на загальних аспектах цифрової грамотності, тоді як квантові обчислення та нейромережеві архітектури розглядаються переважно у технічному вимірі (Живило, & Кучма, 2025). Як зазначається в праці (Seskir et al., 2022), дидактичні аспекти впровадження квантових технологій залишаються недостатньо розробленими, що формує методичний розрив між інноваційними технологіями та освітньою практикою. Подібні висновки підтверджуються у сучасних європейських дослідженнях квантової освіти (Metwalli et al., 2026; Kaur, & Venegas-Gomez, 2022), де наголошується на фрагментарності навчальних ініціатив та відсутності стандартизованих підходів до підготовки квантово-орієнтованих фахівців.

Європейський науковий дискурс демонструє активний розвиток підходів до інтеграції штучного інтелекту в освіту, зокрема через персоналізацію навчання та формування адаптивних освітніх середовищ. Так, дослідження (Georgiou, Struyf, & Wong, 2026) підтверджує, що інтеграція генеративного ШІ потребує перегляду педагогічних моделей і підвищення цифрової компетентності викладачів. Аналогічно публікація (Kovacevic, Dagen, & Rajter, 2025) підкреслює роль цифрового лідерства у впровадженні інноваційних технологій у вищій освіті.

На рівні оборонних досліджень значний внесок здійснюють аналітичні структури, зокрема НАТО, які у звітах з науково-технологічного прогнозування визначають квантові технології та штучний інтелект як ключові фактори майбутньої військової переваги (Reding, De Lucia, Blanco, Regan, & Bayliss, 2023; Lantyer, 2025; Живило, & Кучма, 2025). Згідно з цими дослідженнями, інтеграція квантових і AI-технологій здатна суттєво підвищити можливості моделювання, аналізу даних та прийняття рішень у військовій сфері. Водночас підготовка кадрів для таких умов лише формується як окремий напрям наукових досліджень.

Сучасні міжнародні дослідження також акцентують на необхідності практико-орієнтованого навчання. Зокрема, роботи (Fargoq, & Uradhuay, 2025; Bollaert, 2025) обґрунтовують ефективність лабораторно-інтегрованих підходів, тоді як (Kaur, & Venegas-Gomez, 2022; Georgiou, Struyf, & Wong, 2026) наголошують на критичному дефіциті квантових фахівців та необхідності тісної взаємодії освіти й індустрії. Зазначене підтверджує доцільність моделей дуального наставництва як механізму трансферу знань.

Отже, узагальнення наукових джерел дозволяє констатувати структурну фрагментарність існуючих підходів, за якої технологічні та педагогічні аспекти досліджуються ізольовано. Крім того, пряме імпортування європейських і натівських освітніх моделей у вітчизняну систему обмежується інфраструктурними та кадровими чинниками. Таким чином, формується наукова прогалина, що полягає у відсутності комплексного теоретико-методичного обґрунтування інтеграції квантових та інтелектуальних технологій у систему вищої військової освіти з урахуванням національного контексту.

Зазначене визначає необхідність розроблення адаптивних освітніх моделей, орієнтованих на поєднання технічної експертизи, педагогічного інструментарію та практико-інтегрованого навчання, що і становить наукову основу даного дослідження.

Виходячи з актуальності теми, **метою** даного дослідження є наукове обґрунтування умов модернізації системи вищої військової освіти на основі інтеграції квантової інформатики та інтелектуальних інформаційних технологій у процес професійної підготовки військових фахівців.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Модернізація системи вищої військової освіти в умовах цифрової трансформації потребує системного переосмислення змісту, форм і методів професійної підготовки. Інтеграція квантової інформатики та інтелектуальних інформаційних технологій виступає ключовим чинником підвищення ефективності підготовки військових фахівців, здатних діяти в умовах інформаційно-насиченого та технологічно складного середовища. У цьому контексті освітній процес має трансформуватися від репродуктивної моделі навчання до адаптивної, орієнтованої на формування аналітичного мислення, міждисциплінарних знань і практичних навичок.

Концептуально модернізація підготовки військових кадрів ґрунтується на поєднанні трьох взаємопов'язаних компонентів: технологічного, педагогічного та організаційного. Технологічний

компонент передбачає інтеграцію квантових обчислень, постквантової криптографії та систем ШІ у зміст навчальних дисциплін. Педагогічний компонент орієнтований на впровадження компетентнісного підходу, адаптивних освітніх моделей і практико-орієнтованого навчання. Організаційний компонент включає оновлення інфраструктури, розвиток кадрового потенціалу та впровадження гнучких механізмів управління освітнім процесом.

Однією з ключових умов модернізації є інтеграція елементів квантової інформатики у професійну підготовку. Це передбачає включення до навчальних програм базових понять квантових обчислень, принципів квантової криптографії та моделей обробки інформації в умовах квантових систем. При цьому важливим є не лише теоретичне засвоєння знань, але й формування практичних навичок роботи з відповідними технологіями. Для цього доцільним є використання симуляційних платформ і віртуалізованих лабораторій, що дозволяють моделювати роботу квантових систем без потреби у кошторисному апаратному забезпеченні.

Суттєвим елементом трансформації освітнього процесу виступає впровадження інтелектуальних інформаційних технологій, зокрема систем штучного інтелекту. Їх застосування забезпечує персоналізацію навчання, автоматизацію оцінювання результатів і адаптацію освітнього контенту до індивідуальних потреб здобувачів освіти. Використання таких технологій сприяє формуванню індивідуалізованих освітніх траєкторій, що дозволяє враховувати рівень підготовки, спеціалізацію та професійні потреби курсантів.

Важливою організаційно-педагогічною умовою є впровадження моделі дуального наставництва, яка передбачає залучення IT-практиків до освітнього процесу. Такий підхід забезпечує інтеграцію актуальних професійних знань і практичного досвіду у навчальне середовище, що підвищує прикладну спрямованість підготовки. Взаємодія між науково-педагогічними працівниками та представниками IT-галузі створює умови для формування сучасного освітнього контенту, орієнтованого на реальні виклики оборонного сектору.

Не менш важливою умовою є розвиток цифрової інфраструктури військових закладів освіти. Це включає впровадження хмарних платформ, створення розподілених навчальних середовищ і забезпечення доступу до сучасних програмно-апаратних засобів моделювання. Така інфраструктура дозволяє організувати безпечне освітнє середовище для відпрацювання складних технологічних сценаріїв, зокрема пов'язаних із застосуванням квантових протоколів і систем штучного інтелекту.

У межах дослідження запропоновано багаторівневу модель модернізації системи вищої військової освіти (рис. 1).

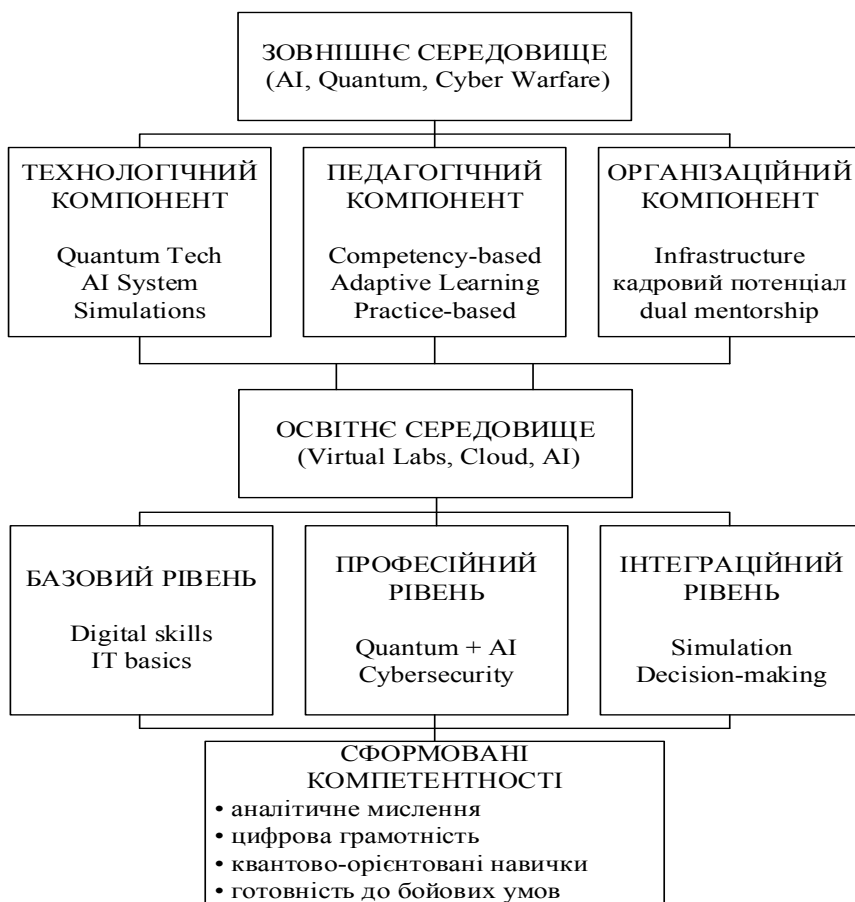


Рис. 1. Модель модернізації системи вищої військової освіти

Запропонована модель включає: базовий рівень (формування цифрової та інформаційної грамотності), професійний рівень (опанування спеціалізованих ІТ- і квантових технологій) та інтеграційний рівень (застосування отриманих знань у практичних і симуляційних умовах). Така модель забезпечує поступове ускладнення змісту навчання та формування цілісної системи професійних компетентностей.

Саме реалізація запропонованого підходу дозволяє подолати розрив між теоретичною підготовкою та практичними вимогами сучасних військових операцій (бойових дій), забезпечує підвищення якості професійної підготовки та формування кадрового потенціалу, здатного ефективно функціонувати в умовах технологічної трансформації оборонного сектору.

У ширшому науковому контексті запропонована модель виходить за межі прикладної модернізації освітнього процесу та торкається фундаментального питання трансформації самої природи професійної підготовки в умовах технологічної сингулярності. Квантові обчислення та інтелектуальні системи не лише розширюють інструментарій військової діяльності, але й змінюють когнітивні моделі прийняття рішень, що, у свою чергу, потребує відповідної еволюції освітніх підходів.

У цьому вимірі військова освіта поступово переходить від інституційно замкненої системи до відкритої адаптивної екосистеми, де знання не передаються, а конструюються в процесі взаємодії людини з технологічно насиченим середовищем. Виникає новий тип освітньої динаміки, у якій ключову роль відіграють не лише зміст навчання, а й здатність системи до саморефлексії, переналаштування та інтеграції зовнішніх інновацій.

Особливої ваги набуває питання співвідношення людського та машинного інтелекту в процесі підготовки фахівців. Формування компетентностей більше не може обмежуватися освоєнням інструментів – воно передбачає розвиток здатності до критичного осмислення алгоритмічних рішень, інтерпретації результатів обчислень і відповідального використання технологій у ситуаціях підвищеного ризику.

Таким чином, освітній процес постає як простір випереджального розвитку, де формуються не лише професійні навички, а й нові типи мислення, необхідні для функціонування в умовах квантово-інформаційної реальності. У цьому контексті подальші дослідження мають бути спрямовані не лише на вдосконалення окремих дидактичних інструментів, а на формування цілісної теорії взаємодії людини, технології та безпекового середовища.

З метою підвищення теоретичної обґрунтованості запропонованої моделі доцільним є її формалізоване представлення як багатокомпонентної системи, що інтегрує технологічні, педагогічні та організаційні аспекти освітнього процесу.

У загальному вигляді модель може бути описана як:

$$M = \langle T, P, O, E, R \rangle \quad (1)$$

де кожен компонент  $T, P, O, E, R$  – технологічний, педагогічний, організаційний, освітнє середовище та результуючі компетентності відображає окремий вимір функціонування освітньої системи. Така формалізація дозволяє інтерпретувати процес підготовки військових фахівців як складну відкриту систему, в якій результуючі характеристики залежать від узгодженої взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів.

Вирішальним елементом моделі виступає результуючий показник сформованості професійних компетентностей, який може бути представлений у вигляді функціональної залежності:

$$R = f(T, P, O, E) \quad (2)$$

Зазначена залежність відображає багатофакторний характер освітнього процесу та підкреслює, що досягнення необхідного рівня підготовки є результатом синергії між технологічними ресурсами, педагогічними підходами, організаційними умовами та характеристиками освітнього середовища. При цьому функція  $f(\cdot)$  може мати нелінійний характер, що зумовлено складністю взаємодії компонентів та ефектами підсилення або послаблення їх впливу.

Для більш детального аналізу доцільно представити результуючі компетентності у вигляді зваженої суми окремих факторів впливу:

$$R_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot x_j \quad (3)$$

де  $x_j$  – окремі компоненти освітнього процесу (наприклад, рівень використання квантових технологій, ступінь інтеграції ШІ, доступ до симуляційних платформ, ефективність наставництва), а  $w_j$  – вагові коефіцієнти, що відображають їх відносну значущість. Такий підхід дозволяє перейти від якісного опису до кількісного оцінювання ефективності освітньої системи, а також створює передумови для подальшої оптимізації структури підготовки.

Динамічний характер формування знань і навичок здобувачів освіти доцільно описувати за допомогою адаптивної моделі навчання:

$$L_{t+1} = L_t + \alpha \cdot (K - L_t) \quad (4)$$

де  $L_t$  характеризує поточний рівень підготовки курсанта,  $K$  – цільовий рівень компетентностей, а  $\alpha$  – коефіцієнт навчання, що залежить від ефективності педагогічних методів та якості освітнього середовища. Така модель відображає поступове наближення до необхідного рівня підготовки та дозволяє враховувати індивідуальні особливості навчання, що є основою адаптивних освітніх траєкторій.

Отже, модернізацію вищої військової освіти можна формалізувати як задачу оптимізації. Вона спрямована на досягнення екстремуму цільової функції професійної підготовки за визначених параметрів обмеженості ресурсів:

$$\max R \quad \text{subject to} \quad C_{res} \leq C_{max} \quad (5)$$

де  $C_{res}$  відображає наявні ресурси (матеріально-технічні, кадрові, часові), а  $C_{max}$  – допустимі обмеження. У такій постановці задача модернізації освіти набуває ознак управлінської оптимізаційної проблеми, розв'язання якої передбачає пошук найефективнішої конфігурації освітнього процесу.

Таким чином, використання математичного апарату дозволяє не лише формалізувати запропоновану модель, але й обґрунтувати її як систему, що піддається аналізу, оцінюванню та оптимізації. Це забезпечує перехід від концептуального опису до кількісно орієнтованого підходу, що є необхідною умовою підвищення наукової валідності дослідження та його практичної значущості.

З метою підтвердження практичної доцільності запропонованої моделі модернізації системи вищої військової освіти здійснено демонстраційний розрахунок рівня сформованості професійних компетентностей на основі багатофакторної зваженої моделі. Такий підхід дозволяє перейти від концептуального опису до кількісної інтерпретації впливу окремих компонентів освітнього процесу.

Формалізація результуючого показника здійснюється за допомогою адитивної моделі (3), де  $x_j$  – нормовані показники (у діапазоні [0;1]), що характеризують рівень розвитку окремих складових освітнього процесу, а  $w_j$  – вагові коефіцієнти, які відображають їх відносну значущість у формуванні інтегрального результату.

Вибір адитивної моделі обумовлений її інтерпретованістю та можливістю використання в умовах обмеженої емпіричної інформації. Водночас така модель дозволяє врахувати мультифакторний характер освітнього процесу та забезпечує достатній рівень узагальнення для стратегічного аналізу.

Так, у межах дослідження виділено п'ять ключових факторів, що визначають ефективність підготовки військових фахівців: рівень інтеграції квантових технологій, ступінь використання систем штучного інтелекту, наявність віртуалізованих лабораторій, впровадження моделі дуального наставництва та стан матеріально-технічної інфраструктури. Обрані фактори відповідають структурі запропонованої моделі та відображають як технологічний, так і педагогічний та організаційний виміри.

Вагові коефіцієнти визначено експертним методом із урахуванням пріоритетності технологічних інновацій у сучасному бойовому середовищі. Найбільшу вагу надано компоненту квантових технологій як перспективному фактору технологічної переваги, тоді як інші складові розподілені з урахуванням їх системного впливу на освітній процес.

Для порівняльного аналізу розглянуто два сценарії, традиційну модель підготовки та модель, що базується на запропонованому підході.

У першому випадку значення параметрів характеризуються низьким рівнем інтеграції інноваційних технологій, обмеженим використанням симуляційних середовищ та слабкою взаємодією з ІТ-практиками. Розрахунок інтегрального показника має вигляд:

$$R_{trad} = 0.25 \cdot 0.2 + 0.20 \cdot 0.3 + 0.20 \cdot 0.2 + 0.20 \cdot 0.1 + 0.15 \cdot 0.4 = 0.23$$

Отримане значення свідчить про недостатній рівень сформованості компетентностей, що узгоджується з якісними висновками щодо розриву між теоретичною підготовкою та практичними вимогами.

У другому сценарії враховано впровадження квантових технологій, активне використання штучного інтелекту, розгортання віртуальних лабораторій та інтеграцію дуального наставництва. Відповідний розрахунок має вигляд:

$$R_{model} = 0.25 \cdot 0.8 + 0.20 \cdot 0.7 + 0.20 \cdot 0.9 + 0.20 \cdot 0.8 + 0.15 \cdot 0.7 = 0.79$$

Отриманий результат демонструє суттєве підвищення інтегрального показника ефективності підготовки. При цьому різниця між сценаріями визначається як:  $\Delta R = 0.79 - 0.23 = 0.56$ . Отримане значення свідчить про більш ніж трикратне зростання рівня сформованості компетентностей, що підтверджує ефективність запропонованої моделі.

Аналітична інтерпретація результатів дозволяє встановити, що найбільший внесок у підвищення показника забезпечують технологічно орієнтовані компоненти, зокрема квантові системи та віртуалізовані середовища. Водночас значущу роль відіграє педагогічний чинник, а саме впровадження дуального наставництва, яке забезпечує трансфер практичного досвіду.

Отже, проведений розрахунок підтверджує гіпотезу про те, що ефективність підготовки військових фахівців визначається не окремими інноваціями, а їх комплексною інтеграцією в освітній процес.

Запропонована модель демонструє здатність забезпечувати системний ефект, що проявляється у значному підвищенні рівня професійної готовності.

В цілому отримані результати мають демонстраційний характер, однак вони формують підґрунтя для подальших емпіричних досліджень і впровадження кількісних методів оцінювання якості військової освіти в умовах технологічної трансформації.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У результаті проведеного дослідження здійснено комплексне наукове обґрунтування організаційно-педагогічних умов модернізації системи вищої військової освіти в умовах інтеграції квантової інформатики та інтелектуальних ІТ. Доведено, що сучасні виклики безпекового середовища зумовлюють необхідність переходу від традиційних освітніх моделей до адаптивних, технологічно орієнтованих систем підготовки військових фахівців.

Запропоновано багатокомпонентну модель модернізації, яка поєднує технологічний, педагогічний та організаційний виміри освітнього процесу. Обґрунтовано доцільність інтеграції квантових технологій, систем ШІ, віртуалізованих навчальних середовищ і механізмів дуального наставництва як ключових чинників підвищення ефективності професійної підготовки. Встановлено, що саме комплексна взаємодія зазначених компонентів забезпечує формування системних, аналітичних та прикладних компетентностей, необхідних для діяльності в умовах технологічно насиченого бойового середовища.

Формалізація моделі у вигляді багатофакторної залежності дозволила інтерпретувати освітній процес як керовану систему, що піддається кількісному оцінюванню та оптимізації. Проведений демонстраційний розрахунок підтвердив ефективність запропонованого підходу, засвідчивши суттєве зростання інтегрального показника сформованості компетентностей у порівнянні з традиційною моделлю підготовки. Це свідчить про доцільність використання математичного апарату для підтримки управлінських рішень у сфері військової освіти. Водночас, результати дослідження виявили низку обмежень, пов'язаних із інфраструктурними ресурсами, кадровим забезпеченням та необхідністю адаптації зарубіжних практик до національного контексту. Це визначає потребу в подальшому розвитку теоретико-методичних підходів до впровадження інноваційних технологій у військову освіту.

**Перспективи подальших досліджень** пов'язані з розширенням емпіричної бази оцінювання ефективності запропонованої моделі, зокрема шляхом проведення педагогічних експериментів у реальних умовах функціонування військових закладів освіти. Актуальним є також розвиток методів імітаційного моделювання освітніх процесів, включаючи використання стохастичних моделей, агент-орієнтованих підходів та методів аналізу складних систем.

Окремого дослідження потребує розроблення інструментів адаптивного управління освітніми траєкторіями на основі технологій штучного інтелекту, а також формування методології інтеграції квантових обчислень у навчальні програми з урахуванням рівня підготовки здобувачів освіти. Крім того, перспективним напрямом є створення цифрових платформ підтримки військової освіти, що поєднують функції навчання, моделювання та оцінювання компетентностей у єдиному інформаційному середовищі.

Таким чином, подальший розвиток досліджень у цьому напрямі сприятиме формуванню науково обґрунтованої, технологічно адаптивної системи військової освіти, здатної забезпечити підготовку фахівців нового покоління та підвищити рівень інформаційно-технологічної стійкості оборонного сектору.

#### **Список використаних джерел**

- Голубцов, С. (2025). Напрями трансформації національної системи освіти з урахуванням досвіду держав-членів НАТО. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*, 1 (57), 85-93. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2025-1-57-85-93>
- Живило, Є., & Кучма, Ю. (2025). Deep Learning-модель прогнозування компрометації облікових записів у системах управління подіями безпеки. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 3(31), 589-601. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.31.1050>
- Живило, Є., & Живило, І. (2021). Об'єднана підготовка персоналу складових сил оборони сфери кібербезпеки в умовах тотальної оборони держави. *Теорія і практика державного управління*, 2 (73), 144-153. DOI: <https://doi.org/10.34213/tp.21.02.16>
- Концепція трансформації системи військової освіти.* (1997). Постанова Кабінету Міністрів України № 1410. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1410-97-%D0%BF#Text>
- Мокляк, В. (2022). Позааудиторні форми правової освіти у вищій військовій школі України як прояв академічної свободи. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 6 (120), 335-344. DOI: [10.24139/2312-5993/2022.06/335-344](https://doi.org/10.24139/2312-5993/2022.06/335-344)
- Barrionuevo, S. D., & Aguirre, M. H. (2025). AI-Guided Quantum Material Simulator for Education. Case Example: The Neuromorphic Materials Calculator 2025. *Submitted to International Journal of Artificial Intelligence in Education (Springer)*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.20372>
- Bollaert, L. (2025). Artificial Intelligence: Objective or Tool in the 21st-Century Higher Education Strategy and Leadership? *Education Sciences*, 15 (6), 774. DOI: [10.3390/educsci15060774](https://doi.org/10.3390/educsci15060774)

- Farooq, U., & Upadhyay, K. (2025). Teaching Quantum Computing through Lab-Integrated Learning: Bridging Conceptual and Computational Understanding. *Computers and Society*, 1. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.02844>
- Georgiou, D., Struyf, A., & Wong, J. (2026). Integrating Generative AI in Higher Education: Teachers' Perceptions Through the TPACK Lens. *Education Sciences*, 16 (4), 531. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci16040531>
- Golec, M., Hatay, E. S., Gill, S. S., & Buyya, R. (2025). Artificial Intelligence (AI): Foundations, trends and future directions. *Telematics and Informatics Reports*, 20, 100265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100265>
- Kaur, M., & Venegas-Gomez, A. (2022). Defining the quantum workforce landscape: a review of global quantum education initiatives. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.08940>
- Kovacevic, M., Dagen, T., & Rajter, M. (2025). Leading AI-Driven Student Engagement: The Role of Digital Leadership in Higher Education. *Education Sciences*, 15, 775. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15060775>
- Lantyer, V. H., (2025). *Quantum Computing and Artificial Intelligence: Regulation, Potentialities, Challenges, and the Global Landscape*. DOI: <http://doi.org/10.2139/ssrn.5218548>
- Mamun, D. S. M. (2025). *Quantum Computing 2025: State of Play across Geopolitical, Security, and Economic Paradigms*. Retrieved from [https://www.academia.edu/145494733/Quantum\\_Computing\\_2025\\_State\\_of\\_Play\\_across\\_Geopolitical\\_Security\\_and\\_Economic\\_Paradigms](https://www.academia.edu/145494733/Quantum_Computing_2025_State_of_Play_across_Geopolitical_Security_and_Economic_Paradigms)
- Manousou, E. (2025). Critical Thinking in Distance Education: The Challenges in a Decade (2016-2025) and the Role of Artificial Intelligence. *Education Sciences*, 15 (6), 757. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15060757>
- Metwalli, S. A., Iliat, A., Thomas, S., Nair, S., Chase, Z. A., & Ceballos, R. R. (2026). The Quantum Education Ecosystem: A Review of Global Initiatives, Methods, and Challenges. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2604.06293>
- Oikonomou, A. V., Savvas, I. K., & Iatrellis, O. (2025). Enhancing Quantum Literacy in Secondary Education Through Quantum Computing and Quantum Key Distribution. *Education Sciences*, 15 (9), 1167. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15091167>
- Reding, D., De Lucia, A., Blanco, A. M., Regan, L., & Bayliss, D., (2023). *NATO Science & technology trends: 2023-2043* (Vol. 1). DOI: 10.13140/RG.2.2.27069.12009
- Seskir, Z. C., Migdał, P., Weidner, C., Anupam, A., Case, N., Davis, N. ... Chiofaloi, M. (2022). Quantum games and interactive tools for quantum technologies outreach and education. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.07756>

#### References

- Barrionuevo, S. D., & Aguirre, M. H. (2025). AI-Guided Quantum Material Simulator for Education. Case Example: The Neuromorphic Materials Calculator 2025. *Submitted to International Journal of Artificial Intelligence in Education (Springer)*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.20372>
- Bollaert, L. (2025). Artificial Intelligence: Objective or Tool in the 21st-Century Higher Education Strategy and Leadership? *Education Sciences*, 15 (6), 774. DOI: 10.3390/educsci15060774
- Farooq, U., & Upadhyay, K. (2025). Teaching Quantum Computing through Lab-Integrated Learning: Bridging Conceptual and Computational Understanding. *Computers and Society*, 1. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.02844>
- Georgiou, D., Struyf, A., & Wong, J. (2026). Integrating Generative AI in Higher Education: Teachers' Perceptions Through the TPACK Lens. *Education Sciences*, 16 (4), 531. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci16040531>
- Golec, M., Hatay, E. S., Gill, S. S., & Buyya, R. (2025). Artificial Intelligence (AI): Foundations, trends and future directions. *Telematics and Informatics Reports*, 20, 100265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100265>
- Holubtsov, S. (2025). Napriamy transformatsii natsionalnoi systemy osvity z urakhuvanniam dosvidu derzhav-chleniv NATO [Directions of transformation of the national education system taking into account the experience of NATO member states]. *Visnyk Hlukhivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Oleksandra Dovzhenka. Seriya: Pedahohichni nauky* [Bulletin of the Glukhovsky National Pedagogical University named after Alexander Dovzhenko. Series: Pedagogical Sciences], 1 (57), 85-93. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2025-1-57-85-93> [in Ukrainian].
- Kaur, M., & Venegas-Gomez, A. (2022). Defining the quantum workforce landscape: a review of global quantum education initiatives. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.08940>
- Kontseptsii transformatsii systemy viiskovoi osvity [The concept of transformation of the military education system]. (1997). Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy No 1410. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1410-97-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
- Kovacevic, M., Dagen, T., & Rajter, M. (2025). Leading AI-Driven Student Engagement: The Role of Digital Leadership in Higher Education. *Education Sciences*, 15, 775. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15060775>
- Lantyer, V. H., (2025). *Quantum Computing and Artificial Intelligence: Regulation, Potentialities, Challenges, and the Global Landscape*. DOI: <http://doi.org/10.2139/ssrn.5218548>
- Mamun, D. S. M. (2025). *Quantum Computing 2025: State of Play across Geopolitical, Security, and Economic Paradigms*. Retrieved from [https://www.academia.edu/145494733/Quantum\\_Computing\\_2025\\_State\\_of\\_Play\\_across\\_Geopolitical\\_Security\\_and\\_Economic\\_Paradigms](https://www.academia.edu/145494733/Quantum_Computing_2025_State_of_Play_across_Geopolitical_Security_and_Economic_Paradigms)

- Manousou, E. (2025). Critical Thinking in Distance Education: The Challenges in a Decade (2016-2025) and the Role of Artificial Intelligence. *Education Sciences*, 15 (6), 757. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15060757>
- Metwalli, S. A., Iliat, A., Thomas, S., Nair, S., Chase, Z. A., & Ceballos, R. R. (2026). The Quantum Education Ecosystem: A Review of Global Initiatives, Methods, and Challenges. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2604.06293>
- Mokliak, V. (2022). *Pozaaudytni formy pravovoi osvity u vyshchii viiskovii shkoli Ukrainy yak proiav akademichnoi svobody* [Extracurricular forms of legal education in the higher military school of Ukraine as a manifestation of academic freedom]. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii* [Pedagogical Sciences: Theory, History, Innovative Technologies], 6 (120), 335-344. DOI: <https://doi.org/10.24139/2312-5993/2022.06/335-344> [in Ukrainian].
- Oikonomou, A. V., Savvas, I. K., & Iatrellis, O. (2025). Enhancing Quantum Literacy in Secondary Education Through Quantum Computing and Quantum Key Distribution. *Education Sciences*, 15 (9), 1167. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15091167>
- Reding, D., De Lucia, A., Blanco, A. M., Regan, L., & Bayliss, D., (2023). *NATO Science & technology trends: 2023-2043* (Vol. 1). DOI: 10.13140/RG.2.2.27069.12009
- Seskir, Z. C., Migdał, P., Weidner, C., Anupam, A., Case, N., Davis, N. ... Chiofaloi, M. (2022). Quantum games and interactive tools for quantum technologies outreach and education. *Physics Education*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.07756>
- Zhyvylo, Ye., & Kuchma, Yu. (2025). Deep Learning-model prohnozuvannia komprometatsii oblikovykh zapysiv u systemakh upravlinnia podiiamy bezpeky [Deep Learning model for predicting account compromise in security event management systems]. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika* [Cybersecurity: Education, Science, Technology], 3(31), 589-601. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.31.1050> [in Ukrainian].
- Zhyvylo, Ye., & Zhyvylo, I. (2021). Ob'iednana pidhotovka personalu skladovykh syl oborony sfery kiberbezpeky v umovakh totalnoi oborony derzhavy [Joint training of personnel of the components of the defense forces of the cybersecurity sphere in the conditions of total defense of the state]. *Teoriia i praktyka derzhavnoho upravlinnia* [Theory and practice of public administration], 2 (73), 144-153. DOI: <https://doi.org/10.34213/tp.21.02.16> [in Ukrainian].

**ZHYVYLO Y.**

National University «Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk», Ukraine

**HOLUBTSOV S.**

Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University, Ukraine

**IT SPECIALISTS OF THE QUANTUM ERA IN THE TRANSFORMATION OF HIGHER MILITARY EDUCATION IN UKRAINE**

The relevance of the research is due to the intensive development of quantum computing and neural network technologies and their gradual integration into the military sphere, which requires a systematic review of the theoretical and methodological foundations of the training of military specialists. It has been established that traditional didactic approaches do not ensure the appropriate level of formation of digital and technological competences necessary for functioning in the conditions of a modern information-rich combat environment. The purpose of the study is the scientific substantiation of the conditions for the modernization of the system of higher military education based on the integration of quantum informatics and intelligent IT into professional training. System-structural analysis of educational standards, comparative-pedagogical analysis of foreign models of military personnel training and the method of expert evaluation of the capabilities of quantum modeling simulation platforms were used. As a result of the study, a structural gap was revealed between the theoretical training of education seekers and the practical requirements of modern military operations (combat operations). This determines the need to implement adaptive educational models and form individualized educational trajectories taking into account the level of training and specialization of cadets. It was established that modernization is restrained by insufficient material and technical support and a shortage of scientific and pedagogical personnel with practical experience in the use of quantum technologies. The effectiveness of the dual mentoring model with the involvement of IT practitioners in the educational process is substantiated, as well as the use of distributed virtual laboratories for the safe mastery of quantum protocols and the development of system, critical and analytical thinking. A multi-level model of modernization of higher military education is proposed, which ensures coordination of the content of training with international standards and security requirements. The practical significance of the results lies in the possibility of their application during the development of educational programs, improvement of regulatory and legal support for the activities of military educational institutions and implementation of the state policy of digital transformation of the defense sector.

**Key words:** *military education, quantum era, neural network technologies, digital competencies, adaptive educational models, individual educational trajectories, dual mentoring, digital transformation, defense sector*

Стаття надійшла до редакції 02.04.2026

Стаття прийнята 18.04.2026

Статтю опубліковано 15.05.2026