

2. Andriiivska V.M., Bilousova L.I. Kontsepsiia BYOD yak instrument realizatsii STEAM-osvity. *Fizyko-matematychna osvita*. 2017. Vyp. 4 (14). S. 13–17.
3. Hrytsak N., Isaieva O. Studenty pokolinnia Z: problemy osvity. *Problemy pidhotovky suchasnoho vchytelia*: zbirnyk naukovykh prats. 2020. Vyp. 1 (21). Ch. 2. S. 64–72.
4. Zabolotnyi V.F., Myslitska N.A., Slobodianiuk I.Yu. Dydaktychni mozhyvosti vykorystannia veb-oriento-vanykh tekhnolohii pid chas navchannia fizyky v klasakh humanitarnoho profilu. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. 2018. Tom 65. № 3. S. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v65i3.2074>
5. Kolesnykova O.A. Diialnisnyi pidkhid do formuvannia v uchniv eksperymentatorskykh umin zasobamy mobilnykh ta dystantsiinykh tekhnolohii v navchanni fizyky: dys. ... kand. ped. nauk. 13.00.02 – teoriia ta metodyka navchannia (fizyka). Kyiv, 2021. 250 s.
6. Kontsepsiia rozvytku tsyfrovyykh kompetentnosti ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii" (rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 3 bereznia 2021 r. № 167-r). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>
7. Strutynska O.V. Osoblyvosti suchasnoho pokolinnia uchniv i studentiv v umovakh rozvytku tsyfrovoho suspilstva. *Open educational environment of modern University*. 2020. № 9. S. 145–160.
8. Coates J. Generational learning styles. LERN Books, 2006. 149 p.
9. European Commission, Joint Research Centre. The Digital Competence Framework for Citizens – DigComp 2.2: With new examples of knowledge, skills and attitudes. *Publications Office of the European Union*. 2022. URL: <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcomp>
10. Martyniuk O.O., Martyniuk O.S., Pankevych S.S., & Muzyka I.O. Blended learning technologies and digital tools in STEM-oriented physics education. *Educational Technology Quarterly*. 2021. (3), 347–359. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.39>
11. UNESCO. Policy guidelines for mobile learning. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219641>

Отримано: 17.11.2025

УДК 37.091.3:004+373.3/.5

DOI: 10.32626/2307-4507.2025-31.195-200

Наталія ДОНЕЦЬ

Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка  
e-mail: [natadonatan@gmail.com](mailto:natadonatan@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0989-531X

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОСВІТИ НА ЗАСАДАХ КОГНІТИВНОГО ПІДХОДУ ЯК УМОВА ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

**Анотація.** У статті проаналізовано цифровізацію освіти як системний процес, що трансформує традиційні форми навчання та сприяє формуванню STEM-компетентностей у здобувачів освіти. Розкрито основні етапи розвитку інформаційних технологій в освіті – комп'ютеризацію, інформатизацію та цифровізацію. На основі аналізу сучасних досліджень вітчизняних і зарубіжних учених обґрунтовано, що цифровізація є не лише техніко-технологічним, а й психолого-педагогічним і соціокультурним процесом, який вимагає переосмислення змісту, форм і методів освітньої взаємодії. Особливу увагу приділено когнітивним аспектам цифрового навчання, зокрема теорії когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory (CLT)) та когнітивній теорії мультимедійного навчання (Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)), а також ролі цифрових технологій у розвитку мотивації, творчих здібностей, соціалізації й суб'єктності учнів. Визначено педагогічні умови ефективного використання цифрових технологій у формуванні STEM-компетентностей у процесі навчання фізики.

**Ключові слова:** цифровізація освіти, комп'ютерні технології, STEM-компетентність, когнітивна теорія мультимедійного навчання, дистанційне навчання, цифрові технології, саморегуляція, самоорганізація.

**Постановка проблеми.** Сучасна система освіти функціонує в умовах четвертої промислової революції (Індустрія 4.0), що супроводжується глобальною цифровою трансформацією. Цей процес є незворотним і системним, вимагаючи від освітніх інституцій не лише адаптації, але й активної розробки нових моделей навчання. В Україні інтенсивність і напрямки цієї трансформації були різко прискорені зовнішніми викликами – пандемією COVID-19 та повномасштабною воєнною агресією. Ці події зумовили необхідність оперативного, але часто вимушеного, переходу до дистанційного та змішаного форматів навчання. Така ситуація актуалізує не лише питання технічного забезпечення, а й, що критично важливо, проблеми методичної та психолого-педагогічної готовності учасників освітнього процесу до ефективною взаємодії в цифровому освітньому просторі.

На тлі цих змін ключовим завданням модернізації освіти стає формування STEM-компетентності (Science, Technology, Engineering, Mathematics), оскільки

саме ці знання та навички є фундаментом інноваційної економіки. Цифрові технології, виступаючи основним інструментом STEM-освіти, мають бути впроваджені не як самоціль, а як дидактичний засіб, здатний оптимізувати пізнавальні процеси. Отже, виникає гостра потреба в науковому обґрунтуванні методики використання цифрових засобів, яка б, по-перше, враховувала когнітивні обмеження здобувачів освіти (зокрема, обмеженість робочої пам'яті), а по-друге, забезпечувала цілісний розвиток їхньої особистості, включаючи формування навичок саморегуляції та критичного мислення в умовах насиченого цифрового середовища. Нерозв'язаність цієї проблеми у площині інтеграції когнітивних теорій і STEM-підходів у навчання фізики обумовлює актуальність даного дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні вітчизняними й зарубіжними вченими напрацьовано значний обсяг матеріалу щодо інформатизації та цифровізації освіти. Дослідники розкривають еволюцію інформаційних технологій в освіті, ви-

окремлюючи три ключові етапи: комп'ютеризацію (1980–1990 рр.), інформатизацію (з 2000–2010 рр.) та сучасний етап – цифровізацію (з 2010 р. дотепер) [2, 7, 13]. Останній є якісним стрибком і передбачає інтеграцію цифрових технологій у всі освітні, управлінські та соціальні процеси. Концептуальні проблеми інформатизації освіти досліджено в наукових розвідках українських учених, серед яких В. Биков [1, 2], Р. Гуревич [5], М. Жалдак [7], Н. Морзе [8], М. Садовий [11], О. Спірін [13], О. Трифонова [11, 14, 15] та ін.

Науковці підкреслюють, що цифровізація відрізняється від інформатизації тим, що створює «віртуальний світ», у якому освітні процеси та дії набувають нової якості, формуючи нове освітнє середовище [12]. Зокрема, О. М. Спірін [13] зазначає, що цифровізація освіти передбачає наповнення інформаційно-освітнього середовища електронно-цифровими засобами, що забезпечує функціонування кіберфізичного освітнього простору. Таким чином, цифровізація є не лише техніко-технологічним, а й глибинним психолого-педагогічним та соціокультурним процесом, що трансформує зміст, форми і методи освітньої взаємодії [13]. Зарубіжні дослідники (К. Ala-Mutka, М. Brown, R. Vuorikari, С. Scott, А. Ferrari та ін.) зробили вагомий внесок у дослідження феномену цифрової освіти, зосереджуючись на питаннях цифрової компетентності, медіаграмотності та філософсько-соціальних аспектах цифрової трансформації суспільства [21, 19].

Аналіз специфіки організації дистанційного та змішаного форматів навчання представлений у роботах О. Ситник [9], С. Морозова [9], Н. Білик [9], О. Паламарчук [10] та інших, які розглядають їх як інтегровані складники освітнього процесу, що поєднують традиційні методи з ІКТ. Змішане навчання сприяє формуванню самостійності й інформаційної компетентності здобувачів освіти [9, 10]. Водночас електронне дистанційне навчання (е-дистанційне навчання), згідно з визначенням В. Бикова [1], характеризується індивідуалізованою взаємодією, що здійснюється як асинхронно, так і синхронно в часі, принципово використовуючи електронні транспортні системи.

Особливо вагомим є внесок у розробку теоретичних моделей, що регулюють когнітивні процеси в цифровому середовищі. Йдеться про теорію когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory (CLT), Дж. Свеллер) та когнітивну теорію мультимедійного навчання (Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), Р. Маср) [18, 21]. Ці теорії є основою для проєктування дидактичних матеріалів, орієнтованих на ефективну роботу обмеженої робочої пам'яті та мінімізацію стороннього когнітивного навантаження. Психолого-педагогічні аспекти цифровізації, зокрема її вплив на увагу, пам'ять, мотивацію та саморегуляцію, висвітлені у дослідженнях [11, 17, 5, 3, 4]. Аналізується формування саморегуляції як здатності учня самостійно орієнтуватися в навчальній ситуації. Особливої актуальності когнітивні аспекти набувають у процесі вивчення фізики. Це зумовлено тим, що фізика як дисципліна містить значний обсяг абстрактних понять (електричні поля, хвильові процеси і т.п.), що створює високе внутрішнє когнітивне навантаження.

У цьому контексті цифрові технології, а саме цифрові датчики стають ключовим інструментом. Вони забезпечують збір даних у реальному часі та

їхню миттєву візуалізацію. Завдяки цьому учні переходять від складних обчислень до прямого аналізу графіків і залежностей. Така наочність, підкріплена когнітивною теорією мультимедійного навчання (CTML), дозволяє знизити стороннє когнітивне навантаження та фокусувати увагу на суті фізичного явища, а не на рутинних вимірюваннях.

Таким чином, інтеграція CLT/CTML із експериментальною діяльністю за допомогою цифрових технологій є методологічною необхідністю, що трансформує процес формування STEM-компетентності з теоретичного на практико-орієнтований.

Незважаючи на значний масив досліджень, бракує цілісної методики, яка б інтегрувала когнітивні принципи та технологічні можливості для ефективного формування STEM-компетентності саме в процесі вивчення фізики засобами цифрових технологій.

**Метою даної роботи** є теоретичне обґрунтування та систематизація психолого-педагогічних засад і методичних підходів до використання цифрових технологій як ефективного чинника формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій здобувачів освіти під навчання фізики.

**Методи дослідження.** У роботі використано методи теоретичного аналізу, систематизації, порівняння й узагальнення наукових джерел із педагогіки, психології та інформаційних технологій; контент-аналіз праць українських і зарубіжних учених; порівняльно-аналітичний метод для виявлення когнітивних і мотиваційних чинників цифрового навчання.

**Основна частина.** Цифровізація освіти є не просто технологічною модернізацією, а якісно новою формою організації освітньої діяльності, що вимагає методологічної рефлексії над її сутністю. Цей процес формує кіберфізичний освітній простір, де фізична (очна) та віртуальна (онлайн) взаємодії інтегровані в єдину систему [13].

У дослідженні Я. Сікори [12] підкреслюється, що цифровізація відрізняється від інформатизації тим, що створює створюючи «віртуальний світ», у якому освітні процеси та дії набувають нової якості, формують нове, освітнє середовище, освітні моделі, нові механізми взаємодії суб'єктів освітнього середовища.

У цьому контексті, змішане навчання виступає найбільш адаптивною моделлю. Воно передбачає гармонійну інтеграцію традиційних форм освіти з онлайн-компонентами [9]. Методологічно доцільна організація змішаного навчання вимагає чіткого розподілу та контролю за пізнавальною діяльністю: частина здійснюється під безпосереднім керівництвом вчителя із залученням електронних освітніх ресурсів; інша частина реалізується в режимі самостійної роботи з використанням цифрових ресурсів [9].

Такий підхід не лише оптимізує засвоєння матеріалу, але й інструментально сприяє формуванню самостійності й інформаційної компетентності [17]. На противагу, електронне дистанційне навчання (е-дистанційне навчання), згідно з визначенням В. Бикова [1], характеризується переважно індивідуалізованою навчально-виховною взаємодією, що здійснюється як асинхронно, так і синхронно в часі, принципово використовуючи електронні транспортні системи доставки засобів навчання. З огляду на світові тенденції,

цифрові технології сьогодні є основним засобом проведення освітнього процесу, а не лише його доповненням [19], що зумовлює актуальність персоналізованих підходів, зокрема концепції «мікронавчання» [19].

Ефективність цифрового навчання, особливо у предметних галузях як фізика, що вимагають високої когнітивної напруги, безпосередньо залежить від врахування психолого-педагогічних засад [21]. Надмірність інформаційних потоків у цифровому середовищі робить критично важливим застосування принципів, закладених у когнітивних теоріях.

**Теорія когнітивного навантаження (CLT)**, розроблена Дж. Свеллером, виходить із фундаментального факту обмеженої ємності робочої пам'яті людини [21]. Навчання, як зміна у довготривалій пам'яті, можливе лише за умови, що загальне інформаційне навантаження не перевищує пізнавальних можливостей учня. У контексті цифрового контенту, неструктуроване подання матеріалу, надмірна кількість анімацій або недоцільне поєднання форматів (відео, тексту) генерують стороннє когнітивне навантаження [21]. Це навантаження не сприяє формуванню когнітивних схем, а, навпаки, є прямим бар'єром для ефективного засвоєння [21]. Таким чином, при проєктуванні цифрових навчальних матеріалів необхідно дотримуватися принципів мінімізації стороннього навантаження (через уникнення надлишкової інформації) та оптимізації внутрішнього навантаження (через чітке структурування складності).

Когнітивна теорія мультимедійного навчання (CTML), розроблена Р. Масром [18], доповнює CLT, описуючи п'ять основних когнітивних операцій в процесі обробки мультимедійної інформації: вибір слів і зображень, їхня організація у структуровані блоки та подальша інтеграція в єдину ментальну модель. Ці операції є циклічними та визначають кінцеву ефективність засвоєння. Наявність чіткого когнітивного сценарію подачі матеріалу дозволяє мінімізувати перевантаження робочої пам'яті, забезпечуючи інтеграцію вербальних і візуальних каналів сприйняття [18]. Використання принципів CTML у проєктуванні цифрового контенту (наприклад, принцип узгодженості, принцип часової та просторової близькості) є критично важливим для створення оптимізованого цифрового навчального середовища.

Психологічні механізми впливу цифровізації на навчальну діяльність. Цифровізація освіти істотно трансформує психологічні компоненти навчальної діяльності, змінюючи способи сприйняття, мислення, мотивацію, соціальну взаємодію та саморегуляцію здобувачів освіти [3, 4]. Швидка зміна інформаційних стимулів у цифровому середовищі може призводити до фрагментації уваги [19]. Тому розробка методики вимагає застосування принципів мультимедійного навчання для оптимального поєднання візуальних і вербальних каналів сприйняття та підтримки зосередженості [20]. Активізація робочої пам'яті відбувається через моделювання, симуляції та візуалізації [20], але для переведення знань у довготривалу пам'ять необхідні ситуації повторення, пояснення та застосування знань на практиці [4].

Цифрові інструменти посилюють пізнавальний інтерес завдяки візуальній привабливості та інтерактивності, викликаючи ситуативну (зовнішню) мотивацію [17]. Дослідження Н. Бобро підкреслюють, що доцільна цифровізація призводить до якісної трансформації на-

вчальної мотивації. Однак мотиваційний потенціал цифровізації реалізується не автоматично, а лише за умов цілеспрямованого педагогічного проєктування [17]

Цифрові платформи розширюють можливості для персоналізації навчання, сприяючи формуванню саморегуляції та рефлексії [16, 4]. Саморегуляція – це здатність учня самостійно орієнтуватися в навчальній ситуації, усвідомлювати мету, планувати дії та оцінювати результат [4]. Згідно з В. J. Zimmerman, вона стосується самостійно сформованих думок, почуттів та поведінки, орієнтованих на досягнення цілей [16].

Узагальнення наукових праць дає підстави стверджувати, що цифровізація освіти є системоутворювальним чинником формування STEM-компетентностей. STEM-освіта постає як інтегративна модель, що об'єднує природничо-наукові знання з технологічними і цифровими практиками. Формування STEM-компетентності вимагає від освітнього процесу міждисциплінарності, практичної спрямованості та орієнтації на дослідження. Саме цифрові технології забезпечують можливість реалізації таких підходів завдяки візуалізації складних фізичних процесів та абстрактних явищ; моделюванню реальних об'єктів та симуляції експериментів, які неможливо провести в шкільній лабораторії; використанню електронних симуляторів і цифрових лабораторій [1, 5].

Ефективна реалізація змішаного навчання, необхідного для STEM, вимагає чіткого методичного проєктування курсу, що забезпечує логічну й послідовну інтеграцію очного та дистанційного компонентів [9, 10]. Доцільним є перехід від традиційного поділу занять до планування освітнього процесу як набору взаємопов'язаних контактних та онлайн-видів діяльності. Таким чином, ефективна методика формування STEM-компетентності у процесі навчання фізики має бути побудована на системній інтеграції педагогічних, психологічних та технологічних принципів. Це передбачає оптимізацію когнітивних процесів через застосування CLT та CTML у цифровому освітньому середовищі, що дозволяє забезпечити гармонійний розвиток особистості учня, його саморегуляції та здатності до експериментально-дослідницької діяльності з використанням цифрових засобів навчання.

Запропонована концептуальна модель (див. *рис. 1.*) візуалізує системну взаємодію ключових чинників, що забезпечують ефективне формування STEM-компетентності у процесі навчання фізики в умовах цифрової трансформації. Модель складається з трьох логічно пов'язаних блоків: цифрові зації освіти, когнітивного проєктування навчання та формування STEM-компетентності.

Цифровізація освіти виступає первинним чинником і визначає технологічне середовище, що трансформує освітній процес. Цифровізація розглядається не просто як оснащення закладів технікою, а як глибокий психолого-педагогічний і соціокультурний процес. Вона створює кіберфізичний освітній простір (О. Спінн) та уможливує використання сучасних інтегрованих форматів, таких як змішане та дистанційне навчання. Саме ці формати, що ґрунтуються на використанні цифрових інструментів (моделювання, симуляція), є відправною точкою для якісної зміни дидактики.

Когнітивне проєктування є методологічним ядром нашого дослідження. Воно забезпечує не просте вико-

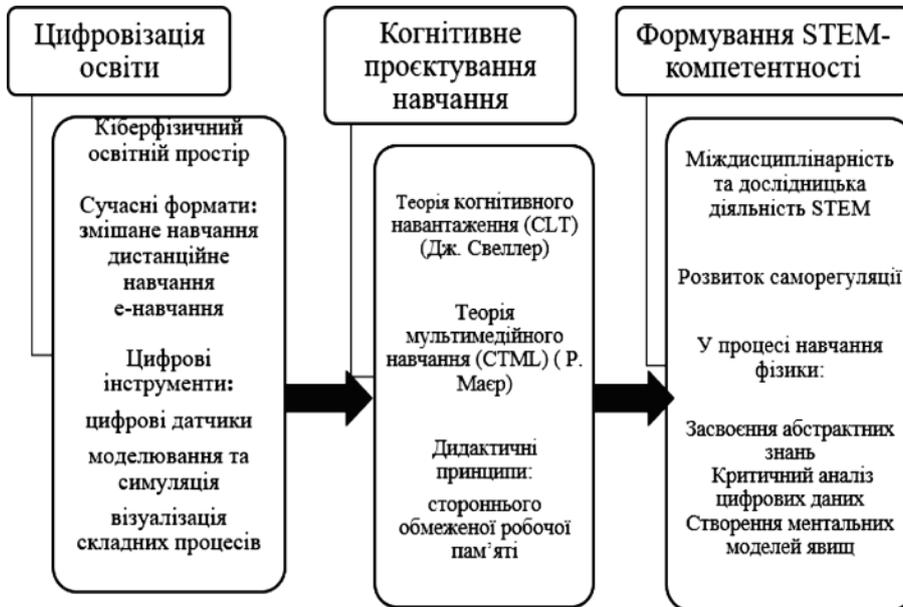


Рис. 1. Концептуальна модель формування STEM-компетентностей у цифровому освітньому середовищі

ристання цифрових технологій, а їхнє оптимізоване застосування відповідно до фізіологічних та когнітивних механізмів учнів. Основою цього механізму є теорія когнітивного навантаження (CLT) (Дж. Свеллер) та когнітивна теорія мультимедійного навчання (STML) (Р. Маєр). Їхнє застосування дозволяє проєктувати дидактичні матеріали таким чином, щоб мінімізувати стороннє когнітивне навантаження та оптимізувати роботу обмеженої робочої пам'яті. Це критично важливо для засвоєння складного абстрактного матеріалу з фізики.

Кінцевий блок (формування STEM-компетентності) відображає якісний результат, досягнення якого стає можливим завдяки когнітивно оптимізованому цифровому процесу. Цифрові технології виступають системоутворювальним чинником для STEM-освіти, оскільки дозволяють реалізувати міждисциплінарність та дослідницьку діяльність. Ключовим елементом результату є цілеспрямований розвиток саморегуляції навчальної діяльності, а також поглиблене розуміння складних фізичних явищ через використання цифрових симуляцій [6] і візуалізації, що є прямим наслідком успішної інтеграції CLT та STML у дидактичний дизайн.

Таким чином, цифровізація освіти виступає не лише технологічним, а й дидактичним механізмом інтеграції STEM-підходу у навчання фізики.

**Висновки.** Проведене дослідження підтвердило, що цифровізація освіти є системоутворювальним чинником для розвитку STEM-компетентності, особливо у процесі вивчення фізики. У межах роботи досягнуто поставленої мети шляхом обґрунтування методики використання цифрових технологій на основі когнітивного підходу.

Наукова новизна полягає у доведенні того, що ефективне формування STEM-компетентності у фізиці забезпечується інтеграцією когнітивних теорій (CLT та STML) із експериментальною діяльністю за допомогою цифрових технологій. Це дозволяє цілеспрямовано управляти когнітивним навантаженням та оптимізувати засвоєння складних абстрактних фізичних понять.

Подальші дослідження будуть спрямовані на емпіричну перевірку ефективності розробленої методики

застосування цифрових технологій для формування STEM-компетентностей у процесі викладання фізики, з акцентом на диференціації когнітивного навантаження відповідно до індивідуальних особливостей учнів.

#### Список використаних джерел:

1. Биков В.Ю. Дистанційна освіта: актуальність, особливості і принципи побудови, шляхи розвитку та сфера застосування. *Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології*: колективна монографія. Київ: Атіка, 2005. С. 77–92. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/5696/1/Bykov\\_V\\_2005.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/5696/1/Bykov_V_2005.pdf)
2. Биков В.Ю. Сучасні завдання інформатизації освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2010. № 1 (15). URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/1162/>
3. Бочелюк В. Діджиталізація як фактор формування когнітивної сфери. *Вісник ХНПУ імені Г.С. Сковороди. Психологія*. 2021. Вип. 62. С. 81–107.
4. Гриньова М.В., Кононова М.М. Саморегуляція навчальної діяльності та професійний розвиток студентської молоді: монографія. Полтава: Астрія, 2021. 384 с. URL: <https://surl.li/jgdxxo>
5. Гуревич Р.С. Формування освітнього інформаційного середовища для підготовки кваліфікованих робітників у професійно-технічних навчальних закладах: монографія / за заг. ред. Р.С. Гуревича. Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2015. 426 с.
6. Донець Н.В. Поняття STEM-компетентності в системі освітнього середовища закладу загальної середньої освіти. *Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії імені Тараса Шевченка. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип. 20. С. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2025-20>
7. Жалдак М., Лапінський В., Шут М. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики: навчально-методичний посібник. Київ: Шкільний світ, 2006. 96 с.
8. Морзе Н., Василенко С., Гладун М. Шляхи підвищення мотивації викладачів університетів до розвитку їх цифрової компетентності. *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету»*. 2018. Вип. 5. С. 160–177. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2018.5.160177>
9. Ситник О., Морозов С., Білик Н. Особливості дистанційної та змішаної форм навчання в ліцеях і підвищення кваліфікації вчителів предмета «Захист України» під час воєнного стану. URL: <https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/1478/1390>
10. Олена Паламарчук. Проблеми організації дистанційної та змішаної освіти в університетах України. URL: <https://pedscience.spu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/24.pdf>
11. Садовий М.І., Трифонова О.М. Цифрова компетентність здобувачів освіти в умовах функціонування засобу інформатизації. *Наукові записки. Серія:*

- Педагогічні науки (ЦДУ ім. В. Винниченка). Кропивницький, 2025. Вип. 219. С. 87–92. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-219-87-92>
12. Сікора Я.Б. Теоретико-методичні засади адаптивної системи професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій в умовах цифровізації: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.04 / ЖДУ ім. І. Франка. Житомир, 2025.
  13. Спінрін О.М. Цифровізація освіти, освітнього процесу. *Енциклопедія освіти. Нац. акад. пед. наук України*: 2-ге вид., допов. та перероб. Київ: Юрінком Інтер, 2021. С. 1099–1100. URL: <https://surl.li/foovvq>
  14. Трифонова О.М. Методична система розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх фахівців комп'ютерних технологій у навчанні фізики і технічних дисциплін: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02., 13.00.04 / ЦДПУ ім. В. Винниченка. Кропивницький, 2020. 595 с.
  15. Трифонова О.М. Особливості створення освітнього середовища на засадах самоорганізації й інтеграції природничих наук, цифрової трансформації та комп'ютерних технологій. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2021. Вип. 1 (48). С. 410–414. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2021.48.410-413>
  16. Zimmerman B.J. Becoming a self-regulated learner. 2002. URL: <https://www.leiderschapsdomeinen.nl/wp-content/uploads/2016/12/Zimmerman-B.-2002-Becoming-Self-Regulated-Learner.pdf>
  17. Bobro N. Transformation of learning motivation in the context of digitalization of education. *Академічні візії*. 2024. № 34. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/1282>
  18. Mayer R.E., ed. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 2nd ed. Cambridge University Press; 2014.
  19. Gherman O., Turcu C.E., Turcu C.O. An Approach to Adaptive Microlearning in Higher Education, *15th International Technology, Education and Development Conference*: Online Conference. 8-9 March, 2021, INTED2021 Proceedings.
  20. Olga P. Pinchuk, Oleksandra M. Sokolyuk, Oleksandr Yu. Burov, Mariya P. Shyshkina. Digital transformation of learning environment: aspect of cognitive activity of students. *Педагогіка вищої та середньої школи*. 2019. Вип. 52. С. 22–38. URL: <https://journal.kdpu.edu.ua/ped/article/view/3774/3448>
  21. Schneider S., Beege M., Nebel S. et al. The Cognitive-Affective-Social Theory of Learning in digital Environments (CASTLE). *Educ Psychol Rev*. 2022. 34, 1–38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09626-5>
- Natalia DONETS**
- Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University*
- DIGITALIZATION OF EDUCATION BASED ON A COGNITIVE APPROACH AS A CONDITION FOR FORMING STUDENTS' STEM COMPETENCE IN THE PROCESS OF LEARNING PHYSICS**
- Abstract.** The article analyses the digitalization of education as a systemic process that transforms traditional forms of education and contributes to the formation of STEM competencies in students. The main stages of the development of information technologies in education are revealed – computerization, informatization and digitalization. Based on the analysis of modern research by domestic and foreign scientists, it is substantiated that digitalization is not only a technical and technological process, but also a psychological, pedagogical and socio-cultural process that requires rethinking the content, forms and methods of educational interaction. Special attention is paid to the cognitive aspects of digital learning, in particular the Cognitive Load Theory (CLT) and the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) as well as the role of digital technologies in the development of motivation, creative abilities, socialization and subjectivity of students. Pedagogical conditions for the effective use of digital technologies in the formation of STEM competencies in the process of teaching physics have been determined.
- Key words:** digitalization of education, computer technologies, STEM competence, cognitive theory of multimedia learning, distance learning, digital technologies, self-regulation, self-organization.
- References:**
1. Bykov V.Yu. Dystantsiina osvita: aktualnist, osoblyvosti i pryntsyipy pobudovy, shliakhy rozvytku ta sfera zastosuvannia. *Informatsiine zabezpechennia navchalno-vykhovnoho protsesu: innovatsiini zasoby i tekhnolohii: kolektyvna monohrafiia*. Kyiv: Atika, 2005. S. 77–92. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/5696/1/Bykov\\_V\\_2005.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/5696/1/Bykov_V_2005.pdf)
  2. Bykov V.Yu. Suchasni zavdannya informatyzatsii osvity. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, 2010. № 1 (15). URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/1162/>
  3. Bocheliuk V. Didzhitalizatsiia yak faktor formuvannia kohnyativnoi sfery. *Visnyk KhNPU imeni H.S. Skovorody. Psykholohiia*. 2021. Vyp. 62. S. 81–107.
  4. Hrynova M.V., Kononova M.M. Samorehuliatytsiia navchalnoi diialnosti ta profesiinyi rozvytok studentskoi molodi: monohrafiia. Poltava: Astraia, 2021. 384 s. URL: <https://surl.li/jgdxxo>
  5. Hurevych R.S. Formuvannia osvitnoho informatsiinoho seredovyscha dlia pidhotovky kvalifikovanykh robitnykiv u profesiino-tekhnichnykh navchalnykh zaklada-kh: monohrafiia / za zah. red. R.S. Hurevycha. Vinnytsia: TOV firma «Planer», 2015. 426 s.
  6. Donets N.V. Poniattia STEM-kompetentnosti v systemi osvitnoho seredovyscha zakladu zahalnoi serednoi osvity. *Naukovi visnyk Kremenetskoï oblasnoi humanitar-no-pedahohichnoi akademii imeni Tarasa Shevchenka. Seriia: Pedahohichni nauky*. 2025. Vyp. 20. S. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2025-20>
  7. Zhaldak M., Lapynskyi V., Shut M. Kompiuterno-orientovani zasoby navchannia matematyky, fizyky, informatyky: navchalno-metodychni posibnyk. Kyiv: Shkilnyi svit, 2006. 96 s.
  8. Morze N., Vasylenko S., Hladun M. Shliakhy pidvyshchennia motyvatsii vykladachiv universytetiv do rozvytku yikh tsyfrovoi kompetentnosti. *Elektronne naukove fakhove vydannia «Vidkryte osvittie e-seredovyshe suchasnoho universytetu»*. 2018. Vyp. 5. S. 160–177. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2018.5.160177>
  9. Sytnyk O., Morozov S., Bilyk N. Osoblyvosti dystantsiinoi ta zmishanoi form navchannia v litseiakh i pidvyshchennia kvalifikatsii vchyteliv predmeta «Zakhyst Ukrainy» pid chas voiennoho stanu. URL: <https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/1478/1390>
  10. Olena Palamarchuk. Problemy orhanizatsii dystantsiinoi ta zmishanoi osvity v universytetakh Ukrainy. URL: <https://pedscience.sspu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/24.pdf>
  11. Sadovy M.I., Tryfonova O.M. Tsyfrova kompetentnist zdobuvachiv osvity v umovakh funktsionuvannia zasobu informatyzatsii. *Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky (TsDU im. V. Vynnychenka)*. Kropyvnytskyi, 2025.

- Vyp. 219. S. 87–92. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-219-87-92>
12. Sikora Ya.B. Teoretyko-metodychni zasady adaptyvnoyi systemy profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii v umovakh tsyfrovizatsii: dys. ... doktora ped. nauk: 13.00.04 / ZhDU im. I. Franka. Zhytomyr, 2025.
  13. Spirin O.M. Tsyfrovizatsiia osvity, osvitnoho protsesu. Entsyklopediia osvity. *Nats. akad. ped. nauk Ukrainy*: 2-he vyd., dopov. ta pererob. Kyiv: Yurinkom Inter, 2021. S. 1099–1100. URL: <https://surl.li/foovvq>
  14. Tryfonova O.M. Metodychna systema rozvytku informat-siino-tyfrovoyi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv kompiuternykh tekhnolohii u navchanni fizyky i tekhnichnykh dystsyplin: dys. ... doktora ped. nauk: 13.00.02., 13.00.04 / TsDPU im. V. Vynnychenka. Kropyvnytskyi, 2020. 595 s.
  15. Tryfonova O.M. Osoblyvosti stvorennia osvitnoho sere-dovyshcha na zasadakh samoorganizatsii y intehratsii pryrodnych nauk, tsyfrovoyi transformatsii ta kompiuternykh tekhnolohii. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: «Pedahohika. Sotsialna robo-ta»*. 2021. Vyp. 1 (48). S. 410–414. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2021.48.410-413>
  16. Zimmerman B.J. Becoming a self-regulated learner. 2002. URL: <https://www.leiderschapsdomeinen.nl/wp-content/uploads/2016/12/Zimmerman-B.-2002-Becoming-Self-Regulated-Learner.pdf>
  17. Bobro N. Transformation of learning motivation in the context of digitalization of education. *Akademichni vizii*. 2024. № 34. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/1282>
  18. Mayer R.E., ed. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 2nd ed. Cambridge University Press; 2014.
  19. Gherman O., Turcu C.E., Turcu C.O. An Approach to Adaptive Microlearning in Higher Education, *15th International Technology, Education and Development Conference*: Online Conference. 8-9 March, 2021, INTED2021 Proceedings.
  20. Olga P. Pinchuk, Oleksandra M. Sokolyuk, Oleksandr Yu. Burov, Mariya P. Shyshkina. Digital transformation of learning environment: aspect of cognitive activity of students. *Pedahohika vyshchoi ta serednoi shkoly*. 2019. Vyp. 52. C. 22–38. URL: <https://journal.kdpu.edu.ua/ped/article/view/3774/3448>
  21. Schneider S., Beege M., Nebel S. et al. The Cognitive-Affective-Social Theory of Learning in digital Environments (CASTLE). *Educ Psychol Rev*. 2022. 34, 1–38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09626-5>

Отримано: 5.10.2025

УДК 004.8:37.018.43

DOI: 10.32626/2307-4507.2025-31.200-206

## Олександр ЗАБОЛОТНИЙ

Державний заклад вищої освіти «Університет Менеджменту Освіти»  
 Національної академії педагогічних наук України  
 e-mail: [zabolotniy.olexandr@gmail.com](mailto:zabolotniy.olexandr@gmail.com); ORCID: 0009-0000-5826-6395

## ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОФЕСІЙНИЙ РОЗВИТОК ПЕДАГОГІВ: МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ ТА УКРАЇНСЬКІ ПРАКТИКИ

**Анотація.** У статті представлено аналітичний огляд сучасних підходів до інтеграції технологій штучного інтелекту (ШІ) у професійний розвиток педагогів, з особливим акцентом на післядипломну освіту. Обґрунтовано актуальність проблематики у контексті цифрової трансформації освіти, що потребує не лише технічної підготовки педагогів, а й розвитку критичного мислення, етичної обізнаності та гнучких цифрових компетентностей. Проаналізовано міжнародні стратегічні документи (зокрема AI Competency Framework for Teachers від ЮНЕСКО) і результати досліджень Tan, Cheng, Ling щодо підготовки педагогів до роботи з ШІ. Висвітлено досвід Естонії, Польщі, Румунії, а також українські практики, виклики й перспективи інтеграції ШІ у підвищення кваліфікації викладачів. Окреслено потенціал використання ШІ у персоналізованому навчанні, автоматизованому оцінюванні й адаптації освітнього середовища до індивідуальних потреб педагогів. Сформульовано напрямки подальших досліджень у цій сфері.

**Ключові слова:** штучний інтелект; підвищення кваліфікації педагогів; цифрові компетентності; післядипломна освіта; етичні аспекти; освітні стратегії; професійний розвиток викладачів; цифрова трансформація освіти.

**Вступ.** Інтенсивний розвиток цифрових технологій, зокрема систем штучного інтелекту (ШІ), значною мірою змінює сучасну освітню парадигму. Мова йде не лише про просте впровадження нових технологічних інструментів, а й про глибокі зміни ролей, відповідальностей і взаємодій учасників педагогічного процесу. На сьогодні штучний інтелект здатен виконувати завдання, що донедавна вважалися виключно людськими, зокрема оцінювання знань, адаптацію навчального контенту, забезпечення зворотного зв'язку, а також управління освітніми середовищами. У такій ситуації викладач перестає бути просто транслятором знань і набуває ролі фасилітатора, критичного аналітика та дизайнера цифрового освітнього середовища.

В умовах воєнного стану, соціальної нестабільності та активного процесу цифровізації українська

система освіти стикається з додатковими викликами. Внаслідок цього педагоги мають справу зі значним зростанням методичного, психологічного, організаційного і технічного навантаження. Водночас від них очікується вища гнучкість, здатність швидко інтегрувати новітні технології, зокрема системи штучного інтелекту, у свою щоденну практику. У зв'язку з цим особливого значення набуває професійний розвиток педагогів, зокрема в системі післядипломної освіти, яка повинна формувати у викладачів необхідні компетентності для ефективної реакції на актуальні виклики та здатність до постійного професійного зростання.

Попри значний потенціал штучного інтелекту для підтримки педагогів та розширення їхніх можливостей, багато країн, у тому числі й Україна, ще не мають сформованих стратегій розвитку ШІ-компетентностей