

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПРОЄКТУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ОСВІТИ ЯК ПЕДАГОГІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ У ЛІЦЕЇ

The study outlines the theoretical and methodological foundations for designing STEM education as a pedagogical technology in lyceums. A structural-content model of the STEM program encompassing objective, content, organizational, and evaluative components is substantiated. The role of scientific-methodological, didactic, informational, and personnel support is discussed. Perspectives for further research into educators' professional development and evaluation of students' competencies are identified.

Актуальність дослідження зумовлена сучасними глобальними освітніми трендами та суспільними запитами на формування в учнів компетентностей, необхідних у XXI столітті. У період швидких технологічних змін і стрімкого розвитку науково-технічної сфери суспільство відчуває гостру потребу у фахівцях із розвинутим інженерним мисленням, здатних до нестандартного підходу, креативності, командної роботи, інтеграції знань із різних галузей науки. Саме ці компетентності лежать в основі концепції STEM-освіти, яка передбачає інтегроване викладання природничих предметів, фізики, математики та технологій.

В умовах реформування української освітньої системи та орієнтації на європейські освітні стандарти постає потреба переосмислити традиційні підходи до навчання, активно запроваджуючи сучасні педагогічні технології, серед яких STEM-освіта займає особливе місце. Саме ліцей як заклад освіти з поглибленим вивченням окремих предметів створює оптимальні умови для реалізації інноваційних форм і методів навчання, що дозволяють розвивати в учнів не тільки глибокі предметні знання, але й практичні навички, креативність, критичне мислення, здатність до наукових досліджень та проєктної діяльності.

Особлива увага до науково-методичних засад STEM-освіти у ліцеї обумовлена тим, що саме на цьому освітньому рівні закладаються основи для подальшого вибору професійних орієнтирів учнів. Важливим є не тільки залучення учнів до сучасних технологій і наук, а й підготовка педагогів, які здатні ефективно реалізовувати міждисциплінарні STEM-проєкти, розробляти методичні матеріали, впроваджувати інтегровані уроки та практичні заняття. У зв'язку з цим виникає необхідність у науковому обґрунтуванні та розробці чітких рекомендацій щодо створення навчальних програм, методик і науково-методичного забезпечення, які враховуватимуть специфіку навчання в умовах ліцею.

Таким чином, дослідження науково-методичних засад проєктування і реалізації STEM-освіти в ліцеї є своєчасним і надзвичайно важливим завдан-

ням, оскільки його результати матимуть суттєвий вплив на ефективність освітньо-виховного процесу, підвищення інтересу учнів до математики, природничих предметів і технологій, забезпечення конкурентоспроможності випускників на сучасному ринку праці й загалом позитивно позначитися на якості освіти в Україні.

Порушена проблема є достатньо актуальною й активно досліджується в сучасній педагогічній науці. У світовому й українському педагогічному просторі знайдеться чимало ґрунтовних праць, які розкривають як загальні питання STEM-освіти, так і окремі аспекти її впровадження в освітній процес закладів загальної середньої освіти різних типів, включно з ліцеями.

Висвітленню питань щодо концепції STEM-освіти, зокрема, базові принципи та методологію STEM-навчання присвячені фундаментальні праці американських учених Роджер Байбі (Roger Bybee) «The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities» та Марґарет Ганівел (Margaret Honey) у «STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research». Саме ці дослідження є вагомими теоретичними джерелами для розуміння сутності STEM-освіти.

Українські вчені досліджували такі аспекти даної проблеми, зокрема, науково-методичні підходи до впровадження технологій STEM-освіти та їх реалізацію в закладах загальної середньої освіти (Н.В. Морзе, О.М. Спірін, Л.В. Калініна). Важливий внесок у методику організації STEM-проектів для учнів середньої ланки зробила також І.С. Ткаченко, питання підготовки педагогічних кадрів та методичного супроводу STEM-освіти представлені у працях В.М. Кухаренко та С.О. Семерікової. Ці автори ґрунтовно досліджують проблему професійної компетентності педагогів у сфері впровадження інтегрованих технологій STEM-навчання.

Окремі аспекти формування інженерного мислення та розвитку творчих здібностей учнів гімназій та ліцеїв засобами STEM-технологій висвітлені в дослідженнях Т.М. Лях та І.М. Богданової.

В системі загальної середньої освіти виокремлюється три етапи реалізації напряму STEM через певну інтеграцію традиційних навчальних предметів і курсів математики, фізики, хімії, біології, географії, астрономії, технології на кожному з етапів навчання [2].

Теоретичні аспекти проектування STEM-освіти в ліцеї ґрунтуються на глибокому розумінні сутності інтегративного підходу до навчання, який передбачає органічне поєднання наук, технологій, інженерії та математики в єдину педагогічну технологію. Якісна STEM-освіта потребує особливого підходу до проектування навчальних програм і занять, де учитель виступає в ролі організатора освітнього середовища, яке обов'язково містить елементи допитливості, дослідницької діяльності та залучення учнів до реальних або змодельованих практичних завдань [6].

Використовуючи постулати системного підходу Фрітйофа Капри, який стверджував, що чим більше ми вивчаємо основні проблеми нашого часу, тим більше переконуємося, що вони не можуть бути зрозумілими у відриві

одна від одної. Це системні проблеми, а отже вони взаємопов'язані й взаємозалежні [7]. Таким чином, концептуально STEM-освіта орієнтована на формування в учнів цілісної картини світу, розвиток інженерного мислення, творчості, здатності до критичного осмислення інформації та вирішення комплексних завдань міжпредметного характеру.

STEM-освіта є міждисциплінарним підходом до навчання, де суворі академічні концепції поєднуються з реальними уроками, коли учні застосовують науку, технології, інженерію та математику в контекстах, які встановлюють зв'язки між школою, громадою, роботою та глобальним підприємством, надаючи змогу розвитку STEM-грамотності та, водночас, здатності конкурувати в новій економіці [12].

Основою для проєктування STEM-освіти в ліцеї виступає міждисциплінарність як ключовий принцип, що дозволяє подолати традиційну фрагментарність знань. Міжпредметні зв'язки реалізуються через інтегровані проєкти, які ґрунтуються на реальних життєвих задачах і проблемах. Це передбачає, що навчальні матеріали та завдання формуються не за окремими предметами, а за змістовими модулями, що об'єднують знання природничих наук, технологій, інженерії й математики.

Проєктування STEM-освіти в ліцеї передбачає врахування сучасних педагогічних теорій, серед яких особливе місце посідають конструктивізм (теорія Джона Дьюї), діяльнісний підхід (Джон Дьюї), концепція проблемного та проєктного навчання (Дж. Дьюї, В.Г. Кілпатрик), а також теорія інтегрованого навчання (С.О. Семеріков, І.М. Богданова, О.М. Спірін).

Одне з ключових положень теорії конструктивізму Джона Дьюї можна знайти в праці «Experience and Education» (1938), де він наголошує, що освіта повинна розглядатися як постійна реконструкція досвіду; процес і мета освіти є одним і тим самим [8].

Діяльнісний підхід започаткований Джоном Дьюї, який влучно стверджував, що освіта – це не справа «переказу» й слухання, а активний і творчий процес [9]. Що буквально трактується як те, що учень має бути активним учасником освітнього процесу. Замість пасивного засвоєння матеріалу, учень вчиться через дію, взаємодію та власний досвід, поступово конструюючи нові знання і розвиваючи вміння застосовувати їх у реальному житті. Ці твердження відображають ключову ідею діяльнісного підходу.

Концепція проблемного та проєктного навчання (Дж. Дьюї, В.Г. Кілпатрик) має спільне філософське підґрунтя, що полягає в тому, що навчальний процес повинен спиратися на досвід учня, залучення його до активної, осмисленої діяльності, у якій сам учень стає ініціатором пошуку. Таким чином, обидва підходи забезпечують глибше й більш мотивоване засвоєння знань і формування навичок, необхідних для життя та подальшої освіти. Дьюї наголошував, що першоджерелом справжнього мислення є зіткнення з проблемою, яку учень сприймає як виклик: лише тоді, коли учень самостійно стикається з умовами задачі, намагаючись знайти власний вихід, він дійсно починає мислити [10]. Тоді як Вільям Г. Кілпатрик, учень та послідовник

філософії Дьюї стверджує, що проєкт – це щира, цілеспрямована дія, що здійснюється у соціальному середовищі [11]. Проєктування приносить очікуваний результат, коли його мета та зміст були внутрішньо мотивованими учнем або групою учнів. Це дає змогу учасникам усвідомлено виявляти ініціативу, брати відповідальність за результати і співпрацювати в команді.

Ключова ідея теорії інтегрованого навчання (за С.О. Семеріковим, І.М. Богдановою, О.М. Спіріним) зосереджена на цілеспрямованому поєднанні різнопредметного змісту наукових знань і компетентностей учнів із використанням інноваційних технологій. Цей підхід дає можливість перебудувати звичну модель «предмет-центричного» навчання, надає учням цілісне уявлення про явища і процеси навколишнього світу; сприяє активізації пізнавального інтересу і творчого потенціалу учнів; полегшує формування ключових компетентностей, необхідних у сучасному інформаційному суспільстві.

Саме ці теоретичні засади, про які йшла мова вище, дозволяють розглядати STEM-освіту не лише як навчальну методику, а як цілісну педагогічну технологію, орієнтовану на формування життєво важливих компетентностей учнів.

Проєктування в освіті – це процес створення нових форм спільності педагогів, учнів, педагогічної громадськості, нового змісту та технологій освіти, нових способів і технік педагогічної діяльності та мислення. Предметом проєктування є створення нових умов розвитку освіти в цілому, переходу її з одного стану в інший [4].

При проєктуванні STEM-технологій особливу увагу варто звертати на методологічні принципи: системності, інтеграції, науковості, практикоорієнтованості та креативності, а також моделювання. Ці принципи передбачають, що STEM-навчання має базуватися на логічно вибудованих освітніх траєкторіях, які стимулюють самостійну пошуково-дослідницьку діяльність учнів, активізують їхнє бажання вирішувати реальні науково-технічні проблеми, розвивають здатність до творчості та інноваційності.

Моделювання освітнього процесу в ліцеї на засадах STEM розглядається як комплексна практична діяльність і дослідницький підхід, спрямований на вивчення закономірностей, принципів та технологій побудови освітніх моделей з урахуванням реальних потреб учнів і суспільства. Відповідно до ідей Наталії Брюханової, це моделювання охоплює етапи діагностики, проєктування, впровадження й оцінювання результатів, що дає змогу забезпечити системний і цілеспрямований розвиток компетентностей учнів, прогнозувати якість освіти та вчасно коригувати освітній процес.

Педагогічне моделювання як базовий метод науково-педагогічних досліджень і практичної діяльності в закладах освіти розглядає Н. Брюханова. Авторка підкреслює, що моделювання у педагогіці дозволяє: систематизувати освітні процеси, виявити їх структурні елементи та взаємозв'язки; визначати мету і завдання навчання та виховання з огляду на конкретні потреби учнів і суспільства; забезпечувати прогнозованість результатів шляхом чітко прописаних етапів (діагностика, проєктування, реалізація, оцінка ефективності тощо). Авторка підсумовує, що педагогічне моделювання є не-

від'ємною складовою науково-методичного забезпечення сучасної освіти. З його допомогою можна систематизувати педагогічні явища та більш обґрунтовано впроваджувати інновації [1].

Серед різних типів педагогічних моделей, які широко використовуються у процесі науково-педагогічних досліджень, було обрано саме структурно-змістову модель.

Структурно-змістова модель – це впорядкована система взаємопов'язаних компонентів (цільового, концептуального, змістового, процесуально-організаційного та оціночно-результативного), які забезпечують логіку й послідовність реалізації певного педагогічного процесу або технології, а також створюють умови для досягнення запланованих результатів [3].

На основі проведеного вище теоретичного обґрунтування процесу педагогічного моделювання, наведеного визначення структурно-змістової моделі, саме цей тип моделі було обрано для моделювання STEM-програми в ліцеї, яка включає чотири ключові компоненти (рис.1):

- цільовий – визначення мети, завдання STEM-курсу, а також STEM-компетентностей учнів, які формуються у процесі засвоєння STEM-курсу;
- змістовий – визначення навчальних цілей, інтегрованих тем і завдань, які охоплюють знання з фізики, хімії, біології, інформатики, технологій, математики;
- організаційний – визначення форм і методів навчання (проектне навчання, кейс-метод, дослідницька діяльність, командна робота, навчання через практичні експерименти);
- оцінювальний – розроблення критеріїв оцінювання STEM-компетентностей учнів (уміння працювати з інформацією, вирішувати нестандартні задачі, генерувати ідеї, творчо мислити тощо).

Представлена структурно-змістова модель STEM-програми для ліцею відображає загальну логіку побудови STEM-програми для ліцею: від постановки мети і завдань (цільовий компонент) до структурування змісту (змістовий компонент), через добір форм і методів реалізації (організаційний компонент) до розроблення критеріїв та інструментів оцінювання результатів (оцінювальний компонент). Усі чотири компоненти постійно взаємодіють і доповнюють один одного, формуючи цілісну систему STEM-навчання.

Так цільовий компонент як один із складових структурно-змістової моделі STEM-програми для ліцею включає визначення мети й завдань STEM-освіти у ліцеї (формування інтегральних міжпредметних знань, розвиток критичного мислення, інженерних компетентностей, здатності учнів до науково-дослідницької та інноваційної діяльності), а також конкретизацію очікуваних результатів навчання у вигляді сформованих компетентностей випускника ліцею.

Наступний елемент моделі змістовий компонент об'єднує навчальні цілі STEM-програми, а саме: формування наукового світогляду, розвиток інже-

нерного мислення, математичної та інформаційної грамотності, екологічної свідомості тощо; інтегровані теми та завдання, що поєднують знання з фізики, хімії, біології, інформатики, технологій і математики (наприклад, «Створення моделі енергоефективного будинку», «Біотехнології та сталий розвиток», «Робототехніка і кодування» тощо); міжпредметні зв'язки: підкреслюють, як різні науки взаємодоповнюють одна одну (наприклад, застосування фізичних законів у хімічних реакціях чи біологічних процесах, використання математичного аналізу у дослідженнях, програмування для моделювання експериментів тощо).

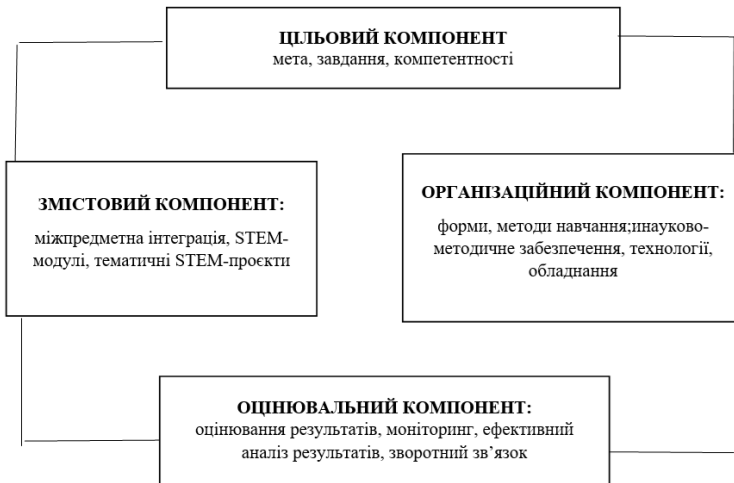


Рис. 1. Структурно-змістова модель STEM-програми для ліцею

Щодо організаційного компоненту, то він представлений такими елементами, як: форми навчання (проектне навчання, кейс-метод, дослідницька діяльність, групова робота, майстер-класи, проведення STEM-лабораторій); методи навчання, зокрема, такі як: проектний підхід: учні виконують комплексні завдання, що вимагають застосування знань із кількох предметів, і презентують результати у вигляді кінцевого продукту чи рішення; кейс-метод полягає у тому, що розглядаються реальні або змодельовані ситуації (кейсів), які потребують аналізу даних, формулювання проблеми й ухвалення рішень; дослідницька діяльність: проведення експериментів, спостережень, формування гіпотез і перевірка їх на практиці; командна робота: спільне розв'язання завдань, що сприяє розвитку комунікаційних та лідерських навичок; навчання через практичні експерименти: посилений акцент на демонстрації та практичних заняттях (лабораторні роботи, робота з приладами і технологічними пристроями).

А також оцінювальний компонент, що охоплює безпосередньо критерії оцінювання STEM-компетентностей, такі як: уміння самостійно здобувати, аналізувати та критично оцінювати інформацію; здатність до розв'язання нестандартних задач, гнучкість мислення; творче, інноваційне та креативне мислення (генерування нових ідей, пошук оригінальних рішень); командна робота та комунікаційні навички; здатність до міждисциплінарного підходу (використання знань із різних галузей). А також інструменти оцінювання: презентації проєктів, портфоліо учнівських робіт, самооцінювання та взаємооцінювання в команді, тести на перевірку знань, спостереження викладача під час практичних занять, аналітичні звіти тощо.

Завдяки представленій структурно-змістовій моделі STEM-програми для ліцею забезпечується цілісність, логічна послідовність і ефективність реалізації цієї освітньої програми та, зокрема педагогічної технології STEM.

Важливою складовою теоретичного проектування є науково-методичне забезпечення, яке передбачає розробку інтегрованих STEM-курсів, навчально-методичних матеріалів, лабораторних практикумів та рекомендацій щодо використання сучасних цифрових інструментів (3D-моделювання, віртуальні лабораторії, симуляції, онлайн-платформи).

Науково-методичне забезпечення виступає як комплекс взаємопов'язаних заходів, інструментарію й рекомендацій, спрямованих на розроблення, апробацію та впровадження ефективних педагогічних технологій, що забезпечують досягнення запланованих результатів освітнього процесу [5].

Таким чином, теоретичні аспекти проектування STEM-освіти у ліцеї передбачають системний, комплексний підхід, який охоплює чітке визначення цілей, структурування навчального змісту на міждисциплінарній основі, врахування сучасних освітніх технологій, формування відповідного науково-методичного забезпечення, а також створення умов для формування STEM-компетентностей у процесі інтегрованого навчання.

Щоб ефективно проектувати та реалізувати STEM-освіту у ліцеї необхідно озброїтися різними видами науково-методичного забезпечення. Насамперед це інтегровані освітні програми, спеціально розроблені STEM-курси та навчальні модулі, які враховують вікові особливості та освітні потреби учнів (10-12 класів) ліцею. Ці освітні програми повинні містити чітко визначені цілі, змістові блоки, практичні завдання, STEM-проєкти, що сприяють розвитку ключових компетентностей. Розробка модельної навчальної програми для 10-12 класів закладів загальної середньої освіти, яка буде містити комплекс освітніх компонентів, які забезпечать досягнення очікуваних результатів навчання учнів та відображатимуть зміст навчального предмета є на часі.

Доповнювати освітні програми буде дидактико-методичне забезпечення, яке передбачає наявність методичних рекомендацій для педагогів щодо застосування інтегрованих форм навчання, методик реалізації міждисциплінарних проєктів, проведення лабораторних занять, дослідницьких робіт, STEM-практикумів. Цей вид науково-методичного забезпечення представлений

різними видами методичних посібників, методичні рекомендації, збірниками прикладів STEM-проектів і завдань, що дозволяють педагогам ефективно організовувати навчальний процес.

Не менш важливим у цій системі є науково-інформаційне забезпечення, що надає доступ учасникам освітнього процесу до сучасних джерел інформації: наукової літератури, періодичних видань, електронних ресурсів, віртуальних лабораторій, навчальних платформ та баз даних. Такий доступ учні та педагоги отримують через онлайн-репозитарії, електронні бібліотеки та спеціалізовані STEM-портали.

Наступним важливим елементом є технологічно-матеріальне забезпечення, яке включає спеціалізоване лабораторне обладнання, цифрові датчики, конструктори для робототехніки, 3D-принтери, комплекти для проведення фізичних, хімічних, біологічних дослідів та комп'ютерні програмні комплекси для моделювання й симуляції різних процесів і явищ.

Поряд з тим організаційно-педагогічне забезпечення створює умови для командної роботи вчителів, налагодження співпраці між ліцеєм, закладами вищої освіти, науковими установами та підприємствами.

Необхідною складовою системи науково-методичного забезпечення є кадрове забезпечення, що охоплює підготовку педагогів до впровадження STEM-технологій, їхнє професійне навчання й підвищення кваліфікації через участь у тренінгах, семінарах, вебінарах та тематичних курсах. Бо від рівня компетентності педагогічного колективу суттєво залежить успішність впровадження STEM-освіти.

Щоб визначити якість впровадження STEM-технологій у ліцеї, рівень сформованості STEM-компетентностей учнів, а також здійснювати аналіз отриманих результатів з метою подальшого вдосконалення процесу проектування та реалізації STEM-освіти, необхідно використання оцінно-аналітичного забезпечення.

Тому комплексне використання представлених видів науково-методичного забезпечення забезпечує ефективну реалізацію освітнього потенціалу STEM-технологій в ліцеї та якісну підготовку випускників, здатних відповідати викликам сучасного світу.

Сучасний випусник, це STEM-компетентний учень ліцею: особистість, яка володіє цілісною системою знань, умінь і навичок у галузях науки, технологій, інженерії та математики, здатна застосовувати ці компетентності для вирішення практичних завдань і викликів сьогодення.

У цього учня бездоганно розвинене критичне мислення, що полягає у аналізі інформації, встановленню причинно-наслідкових зв'язків та ухвалення обґрунтованих рішень. Він вміє проектувати, конструювати, удосконалювати й оптимізувати різноманітні технічні пристрої, моделі, технологічні процеси та системи, що вказує на розвинене інженерне мислення.

STEM-компетентний учень володіє творчим та інноваційним мисленням, прагне не лише відтворювати існуючі знання, а й створювати нові рішення й підходи до розв'язання проблем. Може легко генерувати ідеї, виявляє

гнучкість і нестандартність мислення в умовах складних завдань, побудованих на основі міжпредметної інтеграції.

Вирішуючи поставлені завдання ефективно використовує сучасні програмні засоби, комп'ютерні симуляції, цифрове лабораторне обладнання та вміє моделювати різні явища і процеси за допомогою відповідних програмних середовищ.

Важливим складником портрету STEM-компетентного учня є розвинена дослідницька компетентність, що виражається в умінні формулювати наукові проблеми, висувати гіпотези, планувати експерименти, проводити спостереження, аналізувати й інтерпретувати отримані результати.

У такого учня гарно розвинені соціальні та комунікативні навички, що сприяє ефективній командній роботі, чіткій аргументації під час обговорення та презентації своїх ідей, активній участі у спільних STEM-проєктах. А також цей учень є ініціативним та відповідальним, самостійно визначає навчальні цілі й шляхи їх досягнення, мотивований до безперервного розвитку й навчання протягом усього життя.

Такий STEM-компетентний випускник ліцею формується як всебічно розвинена особистість, яка готова до інноваційної діяльності та здатна адаптуватися до мінливих умов сучасного світу, орієнтована на успіх у науково-технічних сферах та відповідальне громадянське життя.

Отже, проведене дослідження дозволяє стверджувати, що проєктування та реалізація STEM-освіти як педагогічної технології у ліцеї є ефективним інструментом формування компетентностей учнів, необхідних для успішного функціонування в сучасному науково-технічному суспільстві. Запропонована структурно-змістова модель, яка охоплює цільовий, змістовий, організаційний та оцінювальний компоненти, забезпечує комплексний підхід до впровадження STEM-програм у освітній процес ліцею. Доведено, що успішна реалізація STEM-освіти можлива завдяки науково-методичному, дидактичному, інформаційному, технологічно-матеріальному, організаційно-педагогічному, кадровому та оцінно-аналітичному забезпеченню. У підсумку, така освітня практика значно підвищує якість освіти, забезпечує формування критичного, інженерного та творчого мислення, соціальних навичок, здатності до науково-дослідної діяльності учнів ліцею.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку можуть бути: розробка критеріїв і методик комплексної оцінки сформованості STEM-компетентностей учнів, включаючи інструменти цифрової діагностики, а також дослідження механізмів професійного розвитку та підвищення кваліфікації педагогів у контексті впровадження інтегрованих STEM-технологій.

Врахування цих перспектив дозволить не лише оптимізувати існуючі освітні практики, але й сприятиме підвищенню загального рівня STEM-освіти в Україні, наближаючи її до провідних світових стандартів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брюханова Н. Педагогічне моделювання: стан і тенденції розвитку. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2015. № 3. С. 12–19.
2. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): Розпорядження від 5 серпня 2020 р. № 960-р. Офіційний вісник України. 2020. № 66. Ст. 2122.
3. Сидоренко А.А. Структурно-змістова модель формування професійних компетентностей у майбутніх учителів: дис. ... канд. пед. наук. Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, 2017.
4. Шевченко І. Педагогічне проектування та його складові. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2010. Вип. 91. С. 235–240.
5. Яковенко Л.П. Науково-методичне забезпечення професійної підготовки майбутніх учителів: дис. ... канд. пед. наук. Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, 2018.
6. Bybee R.W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington, VA: NSTA Press, 2013. 109 p.
7. Capra F. The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems. New York: Anchor Books, 1996.
8. Dewey J. Experience and Education. New York: Kappa Delta Pi, 1938.
9. Dewey J. Democracy and Education. New York: Macmillan, 1916.
10. Dewey J. How We Think. Boston: D.C. Heath & Co., 1910.
11. Kilpatrick W. H. The Project Method. Teachers College Record. 1918. Vol. 19. № 4.
12. Tsupros D., Kohler R., Hallinen J. STEM Education: A Project to Identify the Missing Components. Intermediate Unit 1, Pennsylvania, 2009.