

УДК 373.5.091.313: 62/68

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/65-3-44>**Наталія СУХЕНКО,***orcid.org/0009-0009-8991-6368**магістрантка кафедри позашкільної освіти
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
(Київ, Україна) natasha12w4@gmail.com***Оксана БИХОВЕЦЬ,***orcid.org/0009-0003-9314-3085**магістрантка кафедри позашкільної освіти
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
(Київ, Україна) mizer1992@gmail.com***Олександр ШЕВЧЕНКО,***orcid.org/0000-0003-0881-0326**викладач кафедри позашкільної освіти
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
(Київ, Україна) o.a.shevchenko@npu.edu.ua*

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ПРОЄКТІВ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті висвітлюються результати аналізу науково-педагогічної та методичної літератури з проблеми впровадження STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти, що показав її надзвичайну актуальність в умовах реформування освітньої системи. Розгляд нормативно-правового забезпечення показав високий рівень імплементації STEM-освіти, що розглядається як один із засобів удосконалення якості природничо-математичної освіти на усіх рівнях. Вивчення сутності STEM-підходу до навчання дозволило виокремити його ключові цілі та принципи. Встановлено, що STEM-освіта спрямована формування комплексу якостей особистості, зокрема – творчих здібностей, критичного мислення й навичок роботи в команді. STEM-підхід охоплює у навчальному процесі комплекс педагогічних ідей, методів та засобів навчання, що забезпечують реалізацію винахідницької, конструкторської, дослідної та експериментальної діяльності учнів.

Висвітлюються особливості впровадження STEM-підходу на уроках технологій, зокрема розглядається його педагогічний потенціал у процесі формування критичного і аналітичного мислення учнів, розвитку в них здатності до генерації нових ідей, що належить до цільових орієнтирів освітньої галузі технологій.

На основі аналізу наукових джерел встановлені деякі суперечності, що полягають у значному потенціалі STEM-підходу в освітньому процесі та досить фрагментарній розробці даного питання у наукових дослідженнях, а тому доводиться необхідність побудови взаємно підтримуючої моделі організації навчання зі STEM-освіти та технологій.

Встановлено, що реалізація STEM-проєктів на уроках технологій може бути ефективним методом удосконалення освітнього процесу в контексті технологічної галузі, а також способом удосконалення ключових компетентностей учнів. На основі теоретичного дослідження запропоновано шляхи реалізації STEM-проєктів на уроках технологій у закладах загальної середньої освіти, що включають принципи, форми, методи та засоби навчання, спрямовані на формування в учнів старшого шкільного віку ключових і предметних компетентностей. Обґрунтовані етапи проєктної діяльності в залежності від обраного виду.

Ключові слова: проєктна діяльність, уроки технологій, STEM-підхід, STEM-проєкт.

Nataliia SUKHENKO,

orcid.org/0009-0009-8991-6368

*Graduate student at the Department of After-school Education
Dragomanov Ukrainian State University
(Kyiv, Ukraine) natasha12w4@gmail.com*

Oksana BYKHOVETS,

orcid.org/0009-0003-9314-3085

*Graduate student at the Department of After-school Education
Dragomanov Ukrainian State University
(Kyiv, Ukraine) mizer1992@gmail.com*

Oleksandr SHEVCHENKO,

orcid.org/0000-0003-0881-0326

*Lecturer at the Department of After-school Education
Dragomanov Ukrainian State University
(Kyiv, Ukraine) o.a.shevchenko@npu.edu.ua*

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF STEM PROJECTS IN TECHNOLOGY LESSONS

The article highlights the results of the analysis of scientific-pedagogical and methodical literature on the problem of implementing the STEM approach in institutions of general secondary education, which showed its extreme relevance in the conditions of reforming the educational system. The review of regulatory and legal support showed a high level of implementation of STEM education, which is considered as one of the means of improving the quality of science and mathematics education at all levels. Studying the essence of the STEM approach to education made it possible to single out its key goals and principles. It has been established that STEM education is aimed at forming a complex of personality qualities, in particular, creative abilities, critical thinking and teamwork skills. The STEM approach includes in the educational process a complex of pedagogical ideas, methods and teaching tools that ensure the implementation of inventive, constructive, research and experimental activities of students.

The peculiarities of the implementation of the STEM approach in technology lessons are highlighted, in particular, its pedagogical potential is considered in the process of forming students' critical and analytical thinking, the development of their ability to generate new ideas, which belongs to the target orientations of the educational field of technology.

Based on the analysis of scientific sources, some contradictions have been established, which consist in the significant potential of the STEM approach in the educational process and the rather fragmentary development of this issue in scientific research, and therefore the need to build a mutually supportive model of the organization of training in STEM education and technologies is proven.

It has been established that the implementation of STEM projects in technology lessons can be an effective method of improving the educational process in the context of the technological field, as well as a way of improving the key competencies of students. On the basis of theoretical research, ways of implementing STEM projects in technology lessons in general secondary education institutions are proposed, which include principles, forms, methods and means of learning, aimed at forming key and subject competencies in high school students. Reasoned stages of project activity depending on the chosen type.

Key words: *project activity, STEM approach, STEM project, technology lessons.*

Постановка проблеми. Актуальною проблемою викладання технологій в школі є низький рівень зацікавленості учнів до навчання, що відображається на результативності освіти. Досвід показує, що подача учням суто навчального матеріалу, без можливості його застосування на практиці, є недоцільним і неефективним. Впровадження методу проектів на уроках технологій передбачає можливість застосування окремих предметних знань і умінь на практиці, проте сьогодні цього вже недостатньо. У прогресивних країнах широкого розповсюдження у освіті набув STEM-підхід, що спрямований на інтеграцію

знань з природничих наук, техніки і технологій, а також математики у ході навчального процесу.

STEM-підхід, що досить давно застосовується у найкращих освітніх закладах, суттєво відрізняється від традиційного підходу до реалізації природничо-математичної освіти. Він дає можливість учням зрозуміти, що наука є не абстрактним і теоретичним заняттям, навпаки – вона щодня застосовується нами щодня у повсякденному житті. Результатом впровадження STEM-підходу до освіти стає розвиток логічного і критичного мислення учнів, їх спрямованість на творче вирішення стандартних завдань, під-

вищення інтересу до вирішення актуальних проблем суспільства.

Навчальна програма з технологій забезпечує умови для реалізації проектної діяльності, що дозволяє учням не лише закріпити теоретичні знання, формуючи предметні та міжпредметні уміння і навички, а й ефективно застосовувати їх на практиці. Саме тому, впровадження STEM-проектів на технологій є найбільш доречним і ефективним.

Аналіз досліджень. Теоретичні аспекти реалізації STEM-підходу в освітній системі України розкриваються у працях Я. Биковського, М. Бирки, О. Бутурліної, О. Гриньової, О. Кузьменка, Н. Поліхун, К. Постової, М. Ростоки, І. Чернецького та ін. Практичні аспекти впровадження STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти досліджувалися О. Воронкіним, О. Жигайло, О. Патрикеевою, О. Янатсьевою, Н. Павич, О. Сисоєвою, О. Скрипником та ін. Особливості впровадження STEM-підходу до навчання технологій у загальноосвітніх закладах розглянуті у працях Л. Козубай, Л. Мережко, О. Свистун, А. Тарари, В. Юрженка і ін.

Попри значний педагогічний потенціал уроків технологій у контексті реалізації STEM-освіти у закладах загальної середньої освіти досі не обґрунтовані теоретичні аспекти системного впровадження STEM-підходу до викладання технологій у школі, а також не розроблена методика його реалізації на принципах інтеграції різних наукових дисциплін.

Мета статті – проаналізувати теоретичні основи впровадження STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти та обґрунтувати особливості реалізації STEM-проектів на уроках технологій.

Виклад основного матеріалу. Наразі STEM-підхід впроваджується в Україні на державному рівні, що відображається у основних нормативно-правових документах: Законах України «Про освіту» і «Про загальну середню освіту», а також Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). У даній Концепції зазначається, що метою розвитку STEM-освіти в Україні є забезпечення «конкурентоспроможності та економічного зростання нашої держави, формування новітніх компетентностей громадян, підготовки фахівців нової генерації, здатних до засвоєння знань і розроблення та використання новітніх технологій» (Розпорядження Кабінету Міністрів України № 960-р від 05.08.2020).

Дослідники визначають, що STEM-освіта охоплює міждисциплінарний і проектний підходи до вивчення природничих наук, технологій, технічної творчості та математики, що передбачає

відміну традиційного підходу до викладання цих дисциплін абстрактно та відокремлено (Коваленко, Сапрунова, 2016: 46–49).

Науковці вказують на те, що ключовими цілями STEM-освіти з особистісної точки зору є формування в учнів інтегрованих наукових знань і умінь через здобуття власного практичного досвіду, а з соціальної – формування в учнів готовності до подальшої освіти і їхньої конкурентоздатності під час працевлаштування (Стрижак, та ін., 2017: 88–103).

Ключовим принципом реалізації STEM-освіти є інтеграція, що спрямована на технологізацію процесу навчання і здійснення модернізації методичних підходів до змісту та обсягів викладання навчального матеріалу з природничо-математичного циклу. Застосування інтегративного підходу сприяє формуванню в учнів навичок розв'язання практичних проблем, що носять комплексний характер, розвитку у них креативності, критичного та дивергентного мислення, комунікаційних здібностей.

Н. Балик і Г. Шмигер запропонували модель впровадження STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти, що передбачає трансформацію традиційного підходу до навчання, шляхом інтеграції навчальних предметів, активного створення знань, а не їх відтворення, впровадження методики проєктного навчання й формування STEM-компетентностей (Балик, Шмигер, 2017: 26–30).

Особливостями реалізації STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти є: інтеграція навчання з навчальних предметів за «темами» на основі проектної технології; використання науково-технічних знань під час розв'язання практичних завдань; реалізація практично-спрямованих проєктів, у результаті виконання яких створюється прототип реального продукту; спрямованість на розвиток навичок вирішення проблем і критичного мислення; підвищення в учнів впевненості у своїх силах; забезпечення командної роботи і активної комунікації; формування в учнів інтересу до технологій і технічних дисциплін; застосування креативних та інноваційних підходів до реалізації STEM-проектів; забезпечення зв'язку між процесом навчанням і майбутньою кар'єрою; підготовка дітей до технологічних інновацій життя, шляхом розширення шкільної програми (Поліхун, та ін., 2017: 5–9).

В умовах реформування загальної середньої освіти відбувся перегляд змісту освітньої галузі технологій, основними завданнями якої є реалізація творчого потенціалу учнів, формування у них критичного і технічного мислення, розвиток

навичок продуктивної діяльності засобами сучасних технологій та дизайну для задоволення власних потреб, національного і культурного самовираження (Постанова Кабінету міністрів України № 898 від 30.09.2020).

О. Свистун зазначає, що освітня галузь «Технології» має стати інтегруючою складовою STEM-освіти у школі, адже практична спрямованість даного навчального предмету і його проєктна орієнтація передбачають використання у процесі роботи над проєктами метапредметних знань та умінь. За STEM-підходом до уроків трудового навчання у центрі уваги учнів має бути певна проблема чи практичне завдання. Прикладні завдання повинні імітувати реальні ситуації фахівців різних професій, а у результаті навчання в учнів мають формуватися уміння «виділяти проблему, чітко формулювати поставлену задачу, знаходити розв'язки проблем, аналізувати результати своєї діяльності, сформулювати висновки або ж давати рекомендації» (Свистун, 2020: 54–56).

Водночас, професор В. Юрженко акцентує увагу на існування суттєвої різниці між завданнями, які ставляться перед технологічною освітою і STEM-освітою у загальноосвітніх закладах (Юрженко, 2019: 163–167). Якщо STEM-освіта має на меті ознайомлення учнів з природними явищами, які реалізуються у подальшому через технологічні і конструктивні рішення з пізнавальною метою, то технологічна освіта ставить інші завдання, зокрема: формування творчих здібностей і навичок їх реалізації у продуктивній діяльності; критичне осмислення компетентностей, набутих когнітивним методом; творче переосмислення предметних компетентностей для самореалізації в умовах швидкоплинного життя і динамічної виробничої сфери (Мачача, Юрженко, 2017: 58–68).

Вказуючи на реальні проблеми, що постають перед формуванням системної діяльності у сфері STEM-освіти (частковість та мозаїчність формування знань з природничо-математичних дисциплін, а також проблеми матеріально-технічного і організаційного забезпечення STEM-центрів в умовах українських реалій), В. Юрженко вказує на те, що технологічна освіта і STEM-освіти у загальноосвітній школі можуть стати взаємно підтримуючими моделями організації навчання, які мають на меті вирішення завдань, що властиві для кожної з них окремо, повноцінно взаємодіючи на принципах паритетних положень і гармонійних взаємозв'язків (Юрженко, 2019: 163–167).

В. Бурдун пропонує впроваджувати STEM-навчання уже в нинішніх умовах, аби забезпе-

чити для учнів більш якісне і сучасне навчання. Навчальна програма з технологій наразі не обмежує творчість та ініціативу вчителя, адже її змістом передбачена гнучкість відбору і розподілу навчальних матеріалів в залежності від потреб вихованців, а також можливість самостійного вибору вчителем методів і засобів навчання (підручника, навчально-методичних комплексів, посібників, аудіо- та відеоматеріалів тощо) (Бурдун, 2018: 26–34).

В основі системи впровадження STEM-підходу на уроках технологій мають бути покладені базові принципи, що запропоновані практиками STEM-школи:

- комплексність – передбачає розвиток в учнів умінь розв'язувати практичні завдання на уроці, поєднуючи природничі науки, математику та інженерію; під час заняття учні повинні досліджувати проблеми, шукати шляхи їх розв'язання, конструювати, програмувати, проводити розрахунки і експерименти, робити висновки та презентувати одержані результати.

- практичність – учні повинні використовувати на уроках технологій вивчені закони фізики, математичні формули і програми, створюючи найпростіші механізми, технічні пристрої та прилади;

- повага до потреб кожного – на уроках технологій потрібно створити умови для допомоги кожному учневі в розвитку власних талантів і здібностей; вчителів важливо не вирішувати за учня, а стимулювати його до самостійного вибору виду роботи як на окремому занятті, так і загальному;

- навчання через дію – на уроці учень повинен самостійно створювати, конструювати і моделювати вироби, набуваючи практичного досвіду; відповідно до розвитку учня важливо обирати найефективніші види діяльності;

- розвиток компетентностей – кожен урок технологій має бути спрямований на розвиток ключових компетентностей: креативності (навички створення чогось неповторного, уміння знаходити вихід із нестандартної ситуації), критичного мислення (навички аналізу, встановлення закономірностей, узагальнення та уміння розрізняти факти і судження), комунікабельності (уміння взаємодіяти з людьми, навички діяльності у команді) та науково-технічної грамотності (розуміння наукових основ науково-технічної діяльності, володіння навичками роботи з прикладним програмним забезпеченням тощо);

- підтримання інтересу до процесу пізнання – передбачає створення умов для забезпечення зацікавленості учнів до навчання, шляхом використання на уроках технологій сучасних засобів

навчання – набори LEGO, 3D-моделі, доповнена реальність тощо (Електронний ресурс).

Навчальною програмою з технологій визначається, що засобом досягнення освітньої мети даного предмету є проєктна діяльність, яка є напрямом особистісно-орієнтованого навчання і дає змогу організувати навчальний процес, спрямований на розв'язання соціально-значущих практичних завдань. Компетентнісна модель STEM-підходу також передбачає реалізацію проєктів, що дає змогу інтегрувати знання з різних дисциплін у ході розв'язання практичних проблем, зумовлюючи генерування нових ідей та формуючи ключові компетентності. STEM-проєкти є комплексною технологією, що забезпечується культурою підтримки і сприяння розвитку особистості.

Для реалізації STEM-проєктів пропонується залучення учнів із застосуванням такого алгоритму:

1) визначення проблеми: учні разом з учителем визначають коло проблем для вивчення у межах проєктної діяльності;

2) опитування: на даному етапі учні повинні здійснити опитування серед батьків і друзів для з'ясування їхнього погляду на задану проблему;

3) генерування ідей: учні у групах генерують велику кількість ідей для розв'язання проблеми; вони здійснюють пошук аналогів та опрацьовують їх;

4) ескізний проєкт: учні виконують ескіз вибраної форми об'єкту та його креслення за допомогою традиційних засобів (олівця та паперу) або спеціальних комп'ютерних програм (Corel Draw, PhotoShop або Sketchup).

5) виготовлення моделі: учні виконують макет виробу у матеріалі для подальшої її перевірки в умовах, максимально близьких до реальних.

6) тестування: виготовлена модель представляється на обговорення для з'ясування думки можливих користувачів; учні з'ясовують ступінь відповідності розробленого виробу до умов його експлуатації, уточнюючи деталі, які потребують удосконалення.

7) виготовлення виробу: учні готують технологічні карти і з їх допомогою виготовляють виріб реальних розмірів (за потреби).

8) презентація проєкту: представлення результатів проєктної діяльності має бути не лише у межах класу, а й для широкої громадськості (наприклад, у соціальних мережах). Відгуки про виріб у такому випадку будуть досить об'єктивними (Коломієць, та ін., 2021: 28–32).

Виконання STEM-проєктів на уроках технологій дозволяє вирішувати сукупність різнорівневих

навчально-розвивальних і виховних завдань: формування нових знань, умінь і навичок, потрібних для життя; розвиток мотивації до пізнання; формування умінь орієнтуватися в інформаційному просторі, робити власні судження і обґрунтовувати їх. Проєктно-дослідницька діяльність сприяє формуванню в учнів соціальних компетентностей, надаючи досвід проходження технологічного алгоритму від появи ідеї до створення продукту, а також презентації результатів потенційним інвесторам. Це сприяє трансформації світоглядної позиції та ціннісних орієнтирів у молоді в сторону соціально-активної й громадсько-відповідальної поведінки.

Потрібно зауважити, що впровадження моделі проєктно-дослідницької діяльності на принципах STEM-підходу змінює роль вчителя технологій на консультанта і менеджера, а учня – на дослідника. Завдання вчителя полягають у наданні учням сукупності необхідного інструментарію, спостереженні за процесом пошуку, стимулюванні до роботи, здійсненні підтримки щодо усвідомлення і усунення недоліків в роботі. При цьому, учні повинні генерувати нові ідеї та втілювати їх на практиці, плануючи свою діяльність, відповідно до поставлених завдань і існуючих ресурсів. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій у процесі проєктно-дослідницької діяльності дає змогу для вчителя технологій доступно пояснювати учням теоретичний матеріал, підвищувати їхній інтерес до навчання, а також виконувати значну частину проєктної і дослідницької діяльності.

Висновки. Узагальнивши педагогічні підходи до реалізації STEM-підходу на уроках технологій, можна стверджувати, що завданням сучасного вчителя є формування в учнів стійких системних зв'язків між науковими знаннями, які повинні спрямовувати на сприйняття предметного середовища через призму досягнень у сферах науки, техніки і мистецтва. У процесі вивчення технологій учні мають трансформувати своє сприйняття звичних предметів побуту як простих речей із загальновідомими правилами експлуатації, які були сформовані на побутовому рівні. Уроки технологій мають пробудити в учнів нове розуміння фізичних процесів, що пов'язані із використанням побутових предметів, історією їх створення і модернізації конструктивних рішень, раціональністю технічних параметрів і технологічних процесів виготовлення виробу.

Аналіз підходів до впровадження STEM-підходу в контексті технологічної освіти в школі показав, що дана проблема розкривається наукової і методичній літературі досить фрагментарно

і вимагає структурування і систематизації. Основними компонентами моделі STEM-підходу до навчання технологій у загальноосвітній школі мають стати принципи організації освітнього процесу, форми і засоби навчання, а також структура освітнього простору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. Фізико-математична освіта. 2017. Вип. 2. С. 26–30. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fmo_2017_2_6.
2. Бурдун В. В. Завдання, що стоять перед вчителем трудового навчання в реалізації STEM-освіти в загальноосвітніх навчальних закладах. Зб. наук. пр. НПУ імені М. П. Драгоманова: Пед. науки. Вип. 139. 2018. Режим доступу: <http://enpui.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/24330/Burdun.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Державний стандарт базової середньої освіти. Постанова Кабінету міністрів України № 898 від 30.09.2020. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-deyaki-pitannya-derzhavnih-standartiv-povnoyi-zagalnoi-serednoi-osviti-i300920-898>.
4. Коваленко О., Сапрунова О. STEM-освіта: досвід упровадження в країнах ЄС та США. Рідна школа. № 4. 2016. С. 46–49. Режим доступу: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/158>.
5. Коломієць Д. І., Бабчук Ю. М., Бірюк О. О. STEAM-проекти на уроках трудового навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми, 2021. № 49. С. 28–32. Режим доступу: <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/2503>.
6. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Розпорядження Кабінету Міністрів України № 960-р від 05.08.2020. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.
7. Мачача Т. С., Юрженко В. В. Стратегії розвитку технологічної освіти в середній загальноосвітній українській школі: наскрізність змісту і структури. Український педагогічний журнал. 2017. № 2. С. 58–68.
8. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. Освіта та розвиток обдарованої особистості. № 3(58). 2017. С. 5–9.
9. Принципи навчання у STEM-школі INVENTOR. Режим доступу: <https://inventor.com.ua/pryntsyru-navchiannia/>.
10. Свистун О. В. Підготовка майбутніх учителів до реалізації принципів STEM-освіти на уроках трудового навчання. Сучасні технології виробництва і професійна освіта: тенденції та інновації. 2020. Режим доступу: <http://dspace.luguniv.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/6092/1/15.pdf>.
11. Стрижак О., Чернецький І., Поліхун Н., Сліпухіна І. Ключові поняття STEM-освіти. Наукові записки МАН України. Серія: Педагогічні науки. 2017. Вип. 10. С. 88–103. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2017_10_13.
12. Юрженко В. В. Технологічна освіта і STEM-освіта: їх протилежності й феноменологічні паралелі. Наукові записки ЦУДПУ імені В. Винниченка. Серія: Педагогічні науки. 2019. Вип. 177(2). С. 163–167. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_p_2019_177%282%29__39.

REFERENCES

1. Balyk N. R., Shmyher H. P. Pidkhody ta osoblyvosti suchasnoi STEM-osvity [Approaches and features of modern STEM education]. Physical and mathematical education, 2017, No. 2, p. 26–30 [in Ukrainian].
2. Burdun V. V. Zavdannya, shcho stoiat pred vchytel'em trudovoho navchannia v realizatsii STEM-osvity v zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladakh [Tasks facing the teacher of labor training in the implementation of STEM education in general educational institutions]. Scientific notes of the Drahomanov national pedagogical university: Pedagogical sciences, No. 139, 2018 [in Ukrainian].
3. Derzhavnyi standart bazovoi serednoi osvity [State standard of basic secondary education]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 898 dated September 30, 2020 [in Ukrainian].
4. Kovalenko O., Saprunova O. STEM-osvita: dosvid uprovadzhennia v krainakh YeS ta SSHa [STEM education: implementation experience in the EU and the USA]. Native school, No. 4, 2016, p. 46–49 [in Ukrainian].
5. Kolomiiets D. I., Babchuk Yu. M., Biriuk O. O. STEAM-proekty na urokakh trudovoho navchannia [STEAM projects in labor training classes]. Modern information technologies and innovative teaching methods in the training of specialists: methodology, theory, experience, problems, 2021. No. 49, p. 28–32 [in Ukrainian].
6. Kontsepsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [Concept of development of science and mathematics education (STEM education)]. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 960-r dated August 5, 2020 [in Ukrainian].
7. Machacha T. S., Yurzenko V. V. Stratehii rozvytku tekhnolohichnoi osvity v serednii zahalnoosvitnii ukrainiskii shkoli: naskriznist zmistu i struktury [Strategies for the development of technological education in the secondary comprehensive Ukrainian school: cross-cutting content and structure]. Ukrainian Pedagogical Journal, 2017, No. 2, p. 58–68 [in Ukrainian].
8. Polikhun N. I., Slipukhina I. A., Chernetskyi I. S. Pedahohichna tekhnolohiia STEM yak zasib reformuvannia osvitnoi systemy Ukrainy [STEM pedagogical technology as a means of reforming the educational system of Ukraine]. Education and development of a gifted personality, No. 3(58), 2017, p. 5–9.
9. Pryntsyru navchannia u STEM-shkoli INVENTOR [Learning principles at the INVENTOR STEM school]. Web resource [in Ukrainian].
10. Svystun O. V. Pidhotovka maibutnykh uchyteliv do realizatsii pryntsyviv STEM-osvity na urokakh trudovoho navchannia [Preparing future teachers to implement the principles of STEM education in labor training classes.]. Modern production technologies and professional education: trends and innovations. Starobilsk. 2020 [in Ukrainian].

11. Stryzhak O., Chernetskyi I., Polihun N., Slipukhina I. Key concepts of STEM education [Key concepts of STEM education.]. Scientific notes of the Academy of Sciences of Ukraine. Series: Pedagogical sciences, 2017, No. 10, p. 88–103 [in Ukrainian].

12. Yurzhenko V. V. Tekhnolohichna osvita i STEM-osvita: yikh protylezhnosti y fenomenolohichni paraleli [Technological education and STEM education: their opposites and phenomenological parallels]. Scientific notes of V. Vinnichenko Central State University of Applied Sciences. Series: Pedagogical sciences, 2019, No. 177(2), p. 163–167 [in Ukrainian].