



**ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:**  
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

## **ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ**

**УДК 378.147.091.313:5**

**DOI** <https://doi.org/10.5281/zenodo.14545767>

### **Практичне використання STEM-підходу на уроках інформатики у старшій школі**

**Яцюк Світлана Миколаївна**

кандидат педагогічних наук, доцент, кафедра загальної математики та методики навчання інформатики, Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, проспект Волі, 13, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>

**Хомяк Марія Ярославівна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра загальної математики та методики навчання інформатики, Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, проспект Волі, 13, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-7817-6116>

**Чигрин Василь Миколайович**

здобувач освіти, Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, проспект Волі, 13, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0009-0006-8923-0137>



**Яцюк Андрій Вікторович**

здобувач освіти, Волинський національний університет імені Лесі Українки,  
43025, проспект Волі, 13, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0009-0005-0347-7378>

**Юнчик Валентина Леонідівна**

доктор філософії, доцент, кафедра загальної математики та методики навчання  
інформатики, Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025,  
проспект Волі, 13, м. Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>

**Прийнято: 18.10.2024 | Опубліковано: 29.10.2024**

***Анотація.** Розглянуто ключові напрями використання STEM-підходу для учнів старшої школи. У профільному курсі інформатики у навчанні старшокласників акцент робиться на практичному застосуванні здобутих знань та навичок. Серед досліджень, які аналізували б реалізацію STEM-підходу на уроках інформатики у старшій школі не вистачає конкретних методик та прикладів їх застосування.*

***Методи:** аналізу літературних джерел, узагальнення, систематизації, порівняння. **Мета дослідження:** створення навчального STEM-проекту, де були розглянуті популярні платформи Arduino та Micro:bit, оскільки вони відзначаються доступністю, низькою вартістю, широкою підтримкою бібліотек, відкритим кодом та активною спільнотою розробників.*

***Результати дослідження.** На основі Arduino розроблено пристрій для демонстрації впливу глобального потепління на клімат та екосистеми, що складається з плати Arduino Uno, датчика температури та вологості DHT11 або DHT22, LCD дисплею (16x2) або світлодіодів для індикації. Загальна*



вартість пристрою склала 510 грн, що робить його доступним для використання у навчальних проєктах. STEM-проєкт для учнів 10-х класів на тему «Пристрій для демонстрації впливу глобального потепління на клімат та екосистеми», який був розроблений для учнів старших класів, не тільки об'єднує знання з інформатики, фізики та математики, а також поглиблює інженерні навички учнів. Проєкт є частиною модуля «Мова програмування і структури даних» для профільних класів і включає 9 основних тем. **Висновки.** Результати тестування підтвердили ефективність STEM-проєкту, оскільки учні, крім програмування, здобули цінні знання з інженерії, що дало їм змогу розширити спектр практичних навичок і отримати комплексну підготовку.

*Ключові слова:* інформатика, проєкт, STEM-освіта, Arduino, здобувачі освіти.

### **Practical application of the STEM approach in high school computer science classes**

**Svitlana Yatsiuk**

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor Department of General Mathematics and Methods of Teaching Computer Science Lesya Ukrainka Volyn National University, 43025, Voli Avenue, 13, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>

**Khomiak Maria**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of General Mathematics and Informatics Teaching Methods, Lesya Ukrainka Volyn National University, 43025, Voli Avenue, 13, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7817-6116>



**Chygrin Vasyl**

student, Lesya Ukrainka Volyn National University, 43025, Voli Avenue, 13, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0006-8923-0137>

**Yatsiuk Andrii**

student, Lesya Ukrainka Volyn National University, 43025, Voli Avenue, 13, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0005-0347-7378>

**Yunchyk Valentina**

Doctor of Philosophy, Associate Professor, Department of General Mathematics and Informatics Teaching Methods, Lesya Ukrainka Volyn National University, 43025, Voli Avenue, 13, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>

***Abstract.** The main areas for implementing the STEM approach for high school students are considered. In the specialized computer science course for high school students, emphasis is placed on the practical application of acquired knowledge and skills. However, there is a lack of specific methodologies and application examples in the available research analyzing STEM implementation in high school computer science classes.*

***Methods:** analysis of literary sources, generalization, systematization, comparison. **Research aim:** to create an educational STEM project, examining popular platforms like Arduino and Micro:bit for their accessibility, low cost, extensive library support, open-source nature, and active developer communities.*

***Research results.** Based on Arduino, a device which consists of an Arduino Uno board, a DHT11 or DHT22 temperature and humidity sensor, an LCD display (16x2), or LEDs for indicators, has been developed. It could be used for demonstrating the effects of global warming on climate and ecosystems. The total device cost was 510*



*UAH, that makes it affordable for educational projects. The STEM project for 10th-grade students, titled “A Device to Demonstrate the Effects of Global Warming on Climate and Ecosystems,” not only integrates knowledge from computer science, physics, and mathematics but also enhances students' engineering skills. The project is part of the “Programming Language and Data Structures” module for specialized classes and includes nine core topics. **Conclusions.** Testing results confirmed the effectiveness of the STEM project, as students gained valuable engineering knowledge alongside programming, enabling them to expand their range of practical skills and receive comprehensive training.*

**Keywords:** *computer science, project, STEM education, Arduino, students.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** STEM-освіта спрямована на розвиток у школярів навичок, необхідних для успішної адаптації та самореалізації в сучасному світі, який базується на знаннях, технологіях та інноваціях [8]. Вона об'єднує вивчення таких дисциплін, як наука, технології, інженерія та математика, що дозволяє учням розвивати логічне мислення та комплексний підхід до вирішення поставлених проблем. Завдяки цьому формується здатність до міждисциплінарної роботи, що є особливо актуальним в умовах швидкої зміни технологій. STEM-освіта також стимулює учнів до творчих рішень, інноваційного підходу та розвитку навичок командної роботи, що стають ключовими для успішної кар'єри в сучасному суспільстві [7].

Серед можливих прикладів застосування STEM-підходу учнями є створення та програмування роботів, які можуть виконувати різні завдання, наприклад, брати участь у змаганнях або допомагати людям в реальних умовах (наприклад, роботи для складання деталей або медичні роботи); моделювання пристрою для допомоги людям з порушеннями зору; створення моделі за допомогою спеціального програмного забезпечення та 3D-принтерів, зокрема,



прототипи інженерних конструкцій; проєкти з аналізу екологічних проблем, таких як забруднення повітря чи води, розробка альтернативних джерел енергії, систем для переробки сміття; робота над створенням мостів, будівель або транспортних засобів, використовуючи принципи інженерії, фізики та математики для проектування та розрахунків; дослідження учнями космосу, аналіз даних з телескопів або симулювання космічної місії, що допомагає їм краще розуміти фізичні закони Всесвіту та можливості дослідження інших планет; використання технологій та інженерних рішень для підвищення продуктивності сільського господарства, таких як автоматизовані системи поливу або системи моніторингу ґрунту та рослин [15].

Такі проєкти можуть бути цікавими та мотивуючими для учнів, адже є цінними, пробуджують емпатію та почуття відповідальності, а також потребують використання знань і вмінь у таких галузях, як математика, фізика, електроніка, програмування, дизайн та інші дисципліни, а також сприяють розвитку професійних навичок здобувачів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел з впровадження STEM-освіти демонструє зростання інтересу до інтегрованого підходу в освіті, що поєднує науку, технології, інженерію та математику. Основні дослідження з 2020 року показують, що STEM-підхід сприяє розвитку навичок 21 століття, таких як критичне мислення, творчість і командна робота [1, 3, 6].

Зокрема, De Луф Х. зробив у своїй публікації розглянув у своєму дослідженні вплив довгострокового втручання на когнітивну діяльність учнів за допомогою інтегрованої STEM-освіти та розглянув принципи інтеграції, реальних задач, дослідницького підходу і командної роботи, необхідних для STEM-проєктів у школах [5]. Гао. Х. розглянуто рецензування оцінювання навчання учнів у міждисциплінарній освіті STEM. Глейз-Крампе А. Л. у своєму



дослідженні використав практичні спільноти як професійні навчальні спільноти (STEM) [4]. Огляд потреб професійного навчання вчителів для впровадження STEM, а також вплив інтеграції STEM на учнів досліджено McLoughlin E. Аналіз трендів у дослідженнях STEM-освіти, зокрема в інженерії та технологіях, і ефективність популярних методик провів Li M. Застосування штучного інтелекту в STEM-освіті та його потенціал для удосконалення навчальних процесів досліджував Chen W. Дослідження підходів до створення навчальних проєктів, акцентуючи увагу на інтеграції STEM для учнів старших класів провела Halawa S. Тайтлер Р., Андерсон Дж. досліджували основи для інтегрованого STEM: виклики та переваги для сприяння залученню до вивчення математики [10]. Методичні рекомендації з упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів розробили Н. І. Поліхун, К. Г. Постова [12]. Чжоу Д., Гомес Р. розробили шкільні інтегровані програми STEM, орієнтовані на дизайн [13]. Шпікіч С.; Ван Пассель В. виміряли та активували ключові принципи STEM серед студентів-викладачів у STEM [14], Яцюк С. М. розглянуто основні аспекти розробки освітньо-професійної програми з акцентом на STEM-освіту [16].

Дослідники наголошують на необхідності інтеграції реальних задач у STEM-курси, що підвищує залучення учнів до вивчення технічних дисциплін і мотивує їх до майбутньої кар'єри в технічних галузях, що і використовуються для визначення власного підходу та розв'язання проблемних задач.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Проте існує різноманіття в підходах до реалізації STEM-освіти, включаючи питання про структуру і наповнення STEM-програм, оскільки країни адаптують їх відповідно до локальних освітніх вимог. Значна частина літератури також зосереджується на необхідності підвищення професійної компетентності вчителів у STEM, оскільки їхні знання та уміння мають суттєвий вплив на



ефективність навчання.

Наукові дослідження щодо розвитку STEM-освіти проводились як у нашій країні так і за кордоном. Наприклад, під час реалізації проєкту «Інтеграція STEM-освіти в загальноосвітній процес», який підтримував Фонд ім. Фулбрайта, де авторами були викладачі Київського національного університету імені Тараса Шевченка, розглядалися питання використання інноваційних сервісів, інформаційних систем, платформ для забезпечення міждисциплінарності.

Проєкти, які виконувались в Україні з даної тематики окреслюють приклади використання таких ресурсів. Однак, на даний момент не вистачає наукових напрацювань для учнів старшої школи, які б повністю відображали методичні підходи до використання STEM-технологій під час навчання інформатики.

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

В процесі дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити загальні характеристики та цілі STEM-технологій;
- дослідити попередній досвід впровадження STEM-підходу під час навчання інформатики;
- визначити середовища та інструменти для розробки навчального проєкту для демонстрації змін клімату через глобальне потепління;
- реалізувати апаратну та програмну реалізацію програми;
- створити серію уроків для інтеграції цього проєкту в програму курсу інформатики, враховуючи етапи планування, розробки та тестування програми, а також використання сучасних інструментів і технологій.

Основною метою є створення STEM-проєкту для учнів 10-х класів на тему «Пристрій для демонстрації впливу глобального потепління на клімат та екосистеми», який може замінити стандартний змістовий модуль «Мова програмування і структури даних» для профільного класу.



**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів (Результати дослідження).** Сучасні освітні установи переживають значні зміни, що спричинені необхідністю адаптації навчальних процесів до вимог нового часу. Школи активно оновлюють свою матеріальну базу, що створює умови для впровадження якісних освітніх програм і технологій навчання. Традиційні методи поступово відходять на другий план, поступаючись місцем сучасним підходам, які передбачають постійне оновлення знань і перегляд навчальних програм. Це призводить до створення нових курсів і програм, що об'єднують навчання та творчість, надаючи більше можливостей для розвитку учнів і вчителів.

Однією з таких інноваційних концепцій є STEM-освіта, яка передбачає інтеграцію науки, технологій, інженерії та математики в єдиний навчальний процес. STEM-освіта не лише дозволяє учням здобувати знання з різних галузей, але й допомагає їм бачити зв'язки між ними. Це дозволяє розвивати логічне мислення, творчість, ініціативність та здатність до прийняття вірних рішень [2].

Однією з основ STEM-освіти є інформатика, яка поєднує в собі всі ключові компоненти цього підходу. Вивчення інформатики сприяє розвитку не лише технічних навичок, але й допомагає учням самостійно освоювати новий матеріал, особливо завдяки доступу до великої кількості навчальних ресурсів в інтернеті. Учні мають можливість підходити до завдань творчо, обираючи різні способи вирішення однієї проблеми. Це не лише розвиває їхні навички, але й формує у них науковий підхід до вирішення задач [8, 9, 10].

Інформатика також виступає інструментом для підтримки STEM-освіти, сприяючи інтеграції різних дисциплін і залучаючи учнів до наукової та проєктної діяльності. Користуючись програмним забезпеченням та сучасними технологіями, учні можуть моделювати явища, проводити дослідження і створювати власні проєкти, що сприяє їхньому всебічному розвитку.



Особливістю використання STEM-технологій під час викладання курсу інформатики є такі орієнтири:

1. Визначення мети та завдань навчання з урахуванням особливостей класу та інтересів учнів.
2. Інтеграція інформатики з такими важливими предметами, як математика, фізика та хімія.
3. Використання активних та інтерактивних методів навчання, що стимулюють учнів до творчості та самостійної роботи.
4. Застосування різноманітних ресурсів, включаючи віртуальні лабораторії, симулятори та робототехніку, що дозволяють учням застосовувати знання на практиці.

STEM-освіта готує учнів до майбутньої кар'єри у високотехнологічних сферах, формуючи компетенції, необхідні для успішної адаптації до швидко змінюваного світу. Завдяки інтеграції інформатики, технологій та науки, учні отримують можливість активно долучатися до вирішення актуальних проблем і самостійно розвивати свої навички.

Інформатика належить до природничо-математичних дисциплін, вона має фундаментальне значення для прискорення та оптимізації вирішення завдань у цих науках. Завдяки поставленим задачам учні можуть глибше зрозуміти створені «мости» і побачити, як теоретичні знання набувають реального застосування. Це підкреслює практичну цінність інформатики і розширює її роль як інструмента для реалізації STEM-освіти [4, 11, 13].

Інформатика – це не просто навчальний предмет, а платформа для інноваційного розвитку і поглиблення знань у всіх природничо-математичних науках.

Десятикласники, вивчаючи інформатику, отримують свободу у виборі підходів до виконання завдань, оскільки існує безліч способів їх вирішення,



кожен з яких може бути правильним. Це дозволяє учням підходити до завдань творчо, проводити невеликі дослідження або експерименти. Залежно від типу завдання, учні можуть займатися проєктною діяльністю, використовуючи широкий спектр програмних засобів, які стимулюють їх інтерес і мотивацію до навчання.

Сучасні уроки програмування часто обмежуються вивченням базових алгоритмів – лінійних, розгалужених і циклічних. У 10-му класі також вивчаються масиви, методи їх сортування та алгоритми пошуку в масивах [7, 9]. Однак, не вистачає акценту на практичне застосування програмування. Також, через обмежений час, не вдається докладніше розглянути тему апаратного складу комп'ютера.

Розв'язати цю проблему можна за допомогою платформи Arduino, яка є доступним апаратно-програмним комплексом з великими можливостями для конструювання і програмування. Arduino відкриває шлях до програмування мікроконтролерів, створення приладів і систем «розумного дому», що стимулює практичне засвоєння знань. Ця платформа вже здобула популярність у всьому світі завдяки своїй простоті використання, ставши найпопулярнішою в освітньому середовищі електроніки та робототехніки.

Апаратно-програмний комплекс Arduino є потужним інструментом для підтримки навчання програмуванню в старшій школі завдяки своїй гнучкості та широким можливостям для практичного застосування.

Програмувати на Arduino легше, ніж створювати мобільний додаток чи першу гру, тому результати своєї роботи учні можуть побачити значно швидше. Чим простіший і швидший процес, тим більше він приваблює школярів.

Хоча програмувати для Arduino можна різними мовами, початківцям особливо підходить інтегроване середовище розробки Arduino IDE, доступне для Windows, macOS, GNU/Linux та інших операційних систем. Arduino IDE



підтримує C і C++ та включає бібліотеки для різних апаратних компонентів. Готова програма завантажується на плату через USB-кабель, що робить процес запуску проекту швидким і зручним.

Під час роботи з Arduino учні не лише освоюють програмування, а й отримують навички роботи з електронікою, залежно від типу проєкту. Робота з проводами та макетними платами, хоча й нова для учнів, є безпечним і захоплюючим методом навчання, який вводить їх у світ електроніки. Учні також матимуть змогу випробувати різні електронні компоненти, вивчаючи їх принципи роботи. Коли вони навчаться самостійно збирати схеми й писати код, це відкриє перед ними великий творчий потенціал.

Для порівняння також було розглянуто платформу Micro:bit, яка має подібні переваги, але використовує Python для програмування. У зв'язку з цим було проведено опитування серед учителів, щоб визначити, наскільки широко Arduino та Micro:bit використовуються у навчальних закладах.

Окрім Arduino та Micro:bit, було також розглянуто платформи NodeMCU, Raspberry Pi, ESP32, STM32, Mindstorms, але вони виявилися менш популярними або зовсім не використовуються в навчальних закладах. Враховуючи ці дані, було ухвалено рішення обрати платформу Arduino для використання в навчальному процесі.

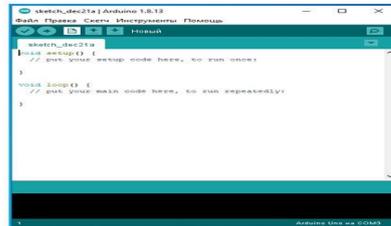
Особливістю моделі Arduino Uno є наявність USB-UART-конвертера на основі ATmega16U2; у попередніх версіях плати використовувалися чіпи 8U2 і FTDI.





### Рисунок 3.

*Вікно програми Arduino IDE*



Джерело: власна розробка авторів

Arduino та її компоненти дозволяють створювати інтерактивні пристрої для різних освітніх і проєктних цілей.

Щоб запрограмувати на платформі Arduino симуляцію або демонстрацію впливу глобального потепління на клімат та екосистеми, потрібно використовувати сенсори і модулі, що імітують деякі екологічні процеси. Можливий варіант проєкту – це система, яка вимірює температуру та вологість, а також демонструє, як зміна температури впливає на стан умов навколишнього середовища. Також можна використовувати індикатори або дисплеї для візуалізації результатів.

Ідея проєкту:

Система на базі Arduino, яка вимірює температуру і вологість, імітуючи умови зміни клімату, і виводить на екран або світлодіоди, як підвищення температури впливає на середовище. Наприклад, при підвищенні температури буде зменшуватися вологість, що може імітувати ефект глобального потепління на екосистемі.

Компоненти:

1. Arduino Uno
2. Датчик температури і вологості DHT11 або DHT22
3. LCD дисплей (16x2) або світлодіоди для індикації
4. Резистори, дроти і макетна плата



Схема підключення:

1. DHT11/DHT22:

- VCC – до 5V
- GND – до GND
- Data – до піну 2 на Arduino (через 10к резистор)

2. LCD дисплей (16x2) або I2C модуль:

- Якщо використовуєте I2C модуль, підключення таке:
  - SDA – до піну A4
  - SCL – до піну A5
  - VCC – до 5V
  - GND – до GND

Бібліотеки:

- DHT для роботи з датчиком вологості і температури.
- LiquidCrystal\_I2C для роботи з LCD через I2C.

Розроблений проєкт дає базове уявлення про те, як глобальне потепління може впливати на екосистеми, демонструючи його вплив через зміну температури і вологості.

STEM-проєкт здатен замінити тему «Мова програмування і структури даних» у 10 класі на тему «Робота з Arduino Uno».

Тип проєкту: навчальний, груповий, інтегрований (інформатика, фізика, математика).

Мета: удосконалити вміння десятикласників із добору й обробки інформації, її аналізу та систематизації; набути й узагальнити знання, вміння і навички роботи з платою Arduino Uno та мови програмування C++; усвідомити роль природничо-математичних наук у сучасному світі.

Проєкт розпочинається з формування умінь і навичок роботи з платою Arduino Uno, створення готового продукту. На цьому етапі зручно провести 8



уроків для ознайомлення з платою Arduino Uno, датчиками температури та вологості DHT11 або DHT22, LCD дисплеєм (16x2) або світлодіодів для індикації.

На заключному етапі учні, на основі отриманих знань, умінь і навичок формують готовий продукт у вигляді пристрою для демонстрації впливу глобального потепління на клімат та екосистеми.

**Висновки.** В процесі дослідження досягнуто цілей та мети дослідження. Розроблений STEM-проект для учнів старших класів на тему «Пристрій для демонстрації впливу глобального потепління на клімат та екосистеми» об'єднує знання з інформатики, фізики та математики, а також поглиблює інженерні навички учнів. Проект є частиною модулю «Мова програмування і структури даних» для профільних класів і включає 9 основних тем. Його впровадження відбулося у приватній «Всеукраїнській мережі сучасних курсів програмування НАСК ІТ STUDIO». Результати тестування підтвердили ефективність STEM-проекту, оскільки учні, крім програмування, здобули цінні знання з інженерії, що дало їм змогу розширити спектр практичних навичок і отримати комплексну підготовку.

### **Список використаних джерел**

1. Stem-освіта: науково-практичні аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти // Матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 10 жовтня – 20 листопада 2022 року. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 244.

2. Аль-Мутава М., Альгазо Ю. Розробка інтегрованої системи STEAM на основі потреб для початкових шкіл у Бахреїні. // *Міжн. Ж. Навч. Практ*, 2021. № 9. С. 602-612.



3. Відділ STEM-освіти. Інститут модернізації змісту освіти. [Електронний ресурс]. / Режим доступу до ресурсу: <https://imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/>.
4. Глейз-Крампе А. Використання практичних спільнот як професійних навчальних спільнот у галузі науки, технологій, інженерії, математики (STEM). // *Навч. Sci*, 2020. № 10, С. 190.
5. Де Луф Х.; Воеве-Де Раув Ж. Інтегрована освіта STEM: вплив довгострокового втручання на когнітивну діяльність учнів. // *Міжн. J. STEM Навч.*, 2022. № 7, С. 13.
6. Джексон К., Мор-Шредер М. Орієнтована на справедливість концептуальна основа для К-12 STEM грамотності. // *Міжн. J. STEM Навч.*, 2021. № 8. С. 38.
7. ІНФОРМАТИКА. Програма для 10-11-х класів ЗНЗ. [Електронний ресурс]. / Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>.
8. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). [Електронний ресурс]. / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#n8>
9. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2021/2022 навчальному році: лист ІМЗО від 11.08.2021 № 22.1/10 – 1775.
10. Тайтлер Р., Андерсон Дж. Дослідження основи для інтегрованого STEM: виклики та переваги для сприяння залученню до вивчення математики. *ЗДМ мат. Навч.*, 2023. № 55. С. 1299 – 1313.
11. Томас D.R., Ларвін К.Х. Метааналітичне дослідження впливу STEM-освіти в середній школі: де всі кольорові учні? // *Міжн. J. STEM Навч.*, 2023. № 10. С. 43.



12. Поліхун Н. І. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації / Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпухіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України. 2019. 80 с.
13. Чжоу Д., Гомес Р. Концептуальна основа розробки шкільних інтегрованих програм STEM, орієнтована на дизайн: австралійський контекст. // *Міжн. J. Technol. Des. Навч.*, 2022. № 32. С. 383 – 411.
14. Шпікіч С., Ван Пассель В. Вимірювання та активація ключових принципів STEM серед студентів-викладачів у STEM. // *Навч. Sci.*, 2023. № 13. С. 12.
15. Шулікін Д. STEM-освіта. [Електронний ресурс]. / Режим доступу: <http://iteach.com.ua/news/mass-media/?pid=2621/>.
16. Яцюк С., Юнчик В. Основні аспекти розробки освітньо-професійної програми. *Фізика та освітні технології*, 2023. № 4. С. 35 – 44.