**Кучер Л. А., Олексюк О. Р.**

**Методичні рекомендації**

для педагогічних працівників закладів загальної середньої освіти на тему:

«STEM-освіта: впровадження та перспективи розвитку»

STEM-освіта є одним із пріоритетів модернізації освітньої галузі, складовою частиною державної політики з підвищення рівня конкурентоспроможності національної економіки та розвитку людського капіталу, одним з основних факторів інноваційної діяльності у сфері освіти, що відповідає запитам економіки та потребам суспільства. Сьогодення об’єктивно вимагає переведення освітнього процесу на технологічний рівень, активізацію пошуку перспективних інноваційних й педагогічних технологій, спрямованих на розвиток і саморозвиток особистості.

Відповідно до Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р) STEM-освіта — цілісна система природничої та математичної освітніх галузей, метою якої є розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань для розв’язання практичних проблем для подальшого використання цих знань і вмінь у професійній діяльності.

Головними перспективами розвитку STEM-освіти в сучасних умовах є:

* ефективне інтегрування системи освіти до європейськогo та світового освітнього простору;
* популяризація науково-технічних, високотехнологічних, інженерних професій;
* досягнення гендерної рівності в науковій, технологічній та інженерній сферах;
* pівний доступ до здобуття STEM-освіти та високотехнологічних професій здобувачам з особливими потребами;
* поширення STEM-методів, форм роботи зарубіжних і вітчизняних педагогів;
* представлення досягнень і результатів проєктної, наукової, дослідницької та винахідницької творчості здобувачів освіти;
* залучення педагогів та здобувачів до активного вивчення іноземних мов, насамперед англійської, як мови міжнародної науки та STEM-навчання;
* втілення новітніх технологій, програм і методологій у загальноукраїнський освітній процес.

В системі загальної середньої освіти виокремлюються в основному три етапи реалізації STEM-освіти через певну інтеграцію традиційних навчальних предметів і курсів з математики, фізики, хімії, біології, географії, астрономії, технології. На кожному із етапів навчання впровадження STEМ в освітній процес має наступні особливості:

1. Початковий рівень освіти.

Основне завдання – стимулювання допитливості і підтримка інтересу до навчання і пошуку знань, мотивація до самостійних досліджень, створення простих приладів, конструкцій тощо. Шляхом проведення навчальних екскурсів, днів науки, творчості, винахідництва, впровадження проєктного навчання має здійснюватися формування навичок дослідницької діяльності, закладення основ обізнаності зі STEM-галузями і професіями, стимулювання інтересу учнів до подальшого опанування STEM-курсів.

2. Базовий рівень освіти.

Основне завдання – викликати у здобувачів освіти стійку цікавість до природничо-математичних наук, дати сукупність практично важливих знань, необхідних для подальшого життя у техносфері, глибокого розуміння екології і природи в цілому. Залучення до дослідництва, винахідництва, проведення STEM-інтегрованих уроків, тематичних тижнів, навчальних практикумів, реалізація міждисциплінарних проєктів, участь у гуртках, конкурсах, фестивалях тощо, що дозволить збільшити відсоток тих, хто стане науковцем, дослідником.

3. Профільний рівень освіти.

Основне завдання – сприяння свідомому вибору подальшої освіти STEM-профілю, поглиблена підготовка з груп предметів STEM (профільне навчання), освоєння наукової методології. STEМ-освіта базується на використанні засобів та обладнання, що пов’язані з технічним моделюванням, енергетикою і електротехнікою, інформатикою, обчислювальною технікою і мультимедійними технологіями, науковими дослідженнями в області енергозберігаючих технологій, автоматикою, телемеханікою, робототехнікою і інтелектуальними системами, радіотехнікою і радіоелектронікою, авіацією, космонавтикою і аерокосмічною технікою тощо.

Педагогам необхідно сконцентрувати увагу на те, що впровадження STEM-освіти має забезпечити виконання таких завдань, як підтримка та розвиток допитливості здобувачів освіти, демонстрація зв’язку між наукою, технологіями, інженерією та повсякденним життям.

Використання провідного принципу STEM-освіти – інтеграції, дозволяє впроваджувати та здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію процесу навчання та сформувати: навички розв’язання складних (комплексних) практичних проблем, критичного мислення, креативних якостей та когнітивної гнучкості, організаційних та комунікаційних здібностей, вміння оцінювати проблеми та приймати рішення, готовності до свідомого вибору та оволодіння майбутньою професією, фінансової грамотності, цілісного наукового світогляду, ціннісних орієнтирів, загальнокультурної, технологічної, комунікативної і соціальної компетентностей, математичної та природничої грамотності; всебічний розвиток особистості шляхом виявлення її нахилів і здібностей; навички оволодіння засобами пізнавальної, дослідної та практичної діяльності, виховання особистості, яка прагне до здобуття освіти впродовж життя, формування умінь практичного і творчого застосування здобутих знань.

Для впровадження компонентів STEM-освіти значна роль відводиться ефективному використанню педагогічних STEM-технологій, які постійно удосконалюються. Особливу популярність набувають розвиваючі методики навчання, методи і прийоми для проведення навчальних занять. Методичні поради щодо методів і прийомів, які можна використати під час упровадження STEM-освіти в освітньому просторі викладені у методичному посібнику «STEM в освітньому просторі закладу освіти (навчально-методична скарбниця), уклад. О. Я. М’ялковська. Тернопільський ОКІППО, 2023.

В умовах реалізації Концепції «Нова українська школа» активне впровадження STEM-освіти відбувається через реалізацію STEM-проєктів. Найчастіше серед опису методик викладання предметів природничо-математичного напрямку зустрічається термін «STEM-проєкт». Це сумісна діяльність вчителів та здобувачів освіти, яка спрямована на те, щоб вирішити певну проблему, яка відіграє важливу роль для всіх учасників освітнього процесу. За допомогою проєктної діяльності здобувачі освіти можуть глибше засвоїти програмовий матеріал з різних навчальних предметів, популяризувати інженерні професії тощо. Також STEM-проєкт як засіб реалізації STEM-освіти, дозволяє органічно інтегрувати знання учнів з різних дисциплін під час розв’язання реальних проблем, обумовлює їх практичне використання, генерує при цьому нові ідеї, формує всі необхідні життєві компетенції, зокрема, полікультурні, мовленнєві, інформаційні, соціальні. Під час виконання навчальних STEM-проєктів активізується інтегрована дослідницька, творча діяльність здобувачів освіти, спрямована на отримання самостійних результатів під керівництвом учителя.

STEM-освіта це компетентнісна модель навчання. Перехід до компетентнісної моделі навчання та впровадження нових методичних підходів передбачає:

* принципово нове цілепокладання у педагогічному процесі;
* зміщення акцентів у навчальній діяльності з вузькопредметних на загальнодидактичні – оновлення структури й змісту навчальних предметів, спецкурсів, курсів за вибором, факультативів тощо;
* визначення та оцінювання результатів навчання через ключові й предметні компетентності здобувачів освіти;
* наскрізне STEM-навчання;
* компетентнісно орієнтовані форми та методи навчання;
* системно-діяльнісний підхід, інтерактивні методи групового навчання;
* проблемні методики з розвитку критичного і системного мислення;
* корегування змісту окремих тем навчальних предметів природничо-математичних дисциплін з акцентом на особистісно-розвивальні, ігрові методики навчання, ціннісне ставлення до досліджуваної проблеми;
* створення педагогічних умов для здобуття результативного індивідуального досвіду проєктної діяльності та розробки стартапів.

Під час впровадження STEM в освітню діяльність закладів освіти особливою формою наскрізного STEM-навчання є інтегровані STEM-уроки/заняття, які спрямовані на:

* встановлення міжпредметних зв’язків, що сприяють формуванню в учнів цілісного, системного світогляду;
* актуалізацію особистісного ставлення до тем, що розглядають на уроці.

Інтегровані STEM-уроки можна проводити двома шляхами:

* через об’єднання спільної тематики кількох навчальних предметів;
* через формування інтегрованих курсів або окремих спецкурсів шляхом об’єднання навчальних програм різних курсів/предметів.

Особливість планування і проведення інтегрованих STEM-уроків у тому, що їх може проводити як один учитель, так і більше. Творчі та натхненні вчителі, як правило, не обмежуються власним предметом. Вони намагаються надати знання учням якомога доступніше, навіть у співпраці з іншими педагогами. Через складність координації діяльності педагогів інтегровані STEM-уроки необхідно планувати заздалегідь.

Для залучення учнів до практичної діяльності під час інтегрованого проведення STEM-уроку (навчального заняття) доцільно розширити діапазон організаційних форм та методів навчання, способів навчальної взаємодії, надати пріоритет засвоєнню навчального матеріалу у процесі екскурсій, квестів, конкурсів, фестивалів, хакатонів, практикумів тощо.

STEM-освіта – проєкт майбутнього. Невіддільною складовою розвитку та впровадження STEM-освіти є напрямки – робототехніка, мейкерство та використання конструктора LEGO. Ці три напрямки часто перетинаються, але мають свої особливості.

Робототехніка є найяскравішим і найочевиднішим представником STEM-освіти. Велику популярність такі заняття мають через те, що з належним обладнанням і методичними матеріалами можна проводити ефективні STEM-уроки. Навчальні заняття з робототехніки навчають дітей працювати в команді, вивчати фізику, математику, інформатику, інші науки, працювати з технологічним обладнанням, електронікою, датчиками, навчатись як за планом, так і у креативній формі. А основною перевагою робототехніки є можливість створити готовий проєкт за один або 4-5 уроків. Робототехніка підходить для інтеграції уроків з математики, фізики, інформатики, технологій тощо. Кожна дитина будь-якого віку може працювати з різними робототехнічними наборами. Доцільно звернути увагу школярів, що у багатьох сферах діяльності людини використовуються різноманітні робототехнічні комплекси, які можуть здійснювати чимало корисних дій, особливо у воєнний період. Залучення учнів до дослідження в галузі робототехніки, обміну технічною інформацією та інженерними знаннями дасть змогу здобувачам освіти поглибити знання з різних галузей науки і технологій.

Доцільно ознайомити здобувачів освіти з прогностичністю та перспективністю професій (деякі з них існують вже сьогодні і отримають подальший розвиток, інші – з’являться з часом), які тим чи іншим чином пов’язані з моделюванням, створенням, експлуатацією, обслуговуванням роботизованої техніки.

Корисними будуть для опрацювання матеріали ІІ Всеукраїнської конференції «Освітня робототехніка» <https://www.youtube.com/watch?v=8BkAdpn1EUQ> та сайти:

<https://robotics.ua/>, <http://www.robotics.kiev.ua/>, <http://boteon.com/>, <https://innotech.ua/ua/conf/robotics>

Якщо спеціального обладнання для робототехніки немає, або є необхідність займатися іншою навчальною діяльністю чи детальніше вивчати і реалізовувати STEM-ідеї, варто звернутися до мейкерства.

Мейкерство – це здебільшого творча діяльність, результатом якої є річ, створена власними руками. Мейкерством можна займатися на більшості занять або ж позаурочно, на гуртках, в секціях. Така STEM-діяльність допомагає вивчати науки, працювати з найрізноманітнішими матеріалами та обладнанням, дає змогу створити свій власний або командний проєкт. Можна розробити невеличкі проєкти як упродовж уроку, так і запланувати довготривалі стартап-проєкти. Особливістю та перевагою мейкерства є величезна свобода творчості як для здобувачів освіти, так і для педагогів.

LEGO – одна з найвідоміших і поширених педагогічних систем, яка широко використовує тривимірні моделі реального світу в предметно-ігровому середовищі для навчання та розвитку дітей.

Конструктор LEGO – це не лише яскрава іграшка, а цілий методичний комплекс, що відкриває педагогам та батькам широкі можливості для його використання в освітньому процесі. Використовувати LEGO-конструктори можна практично на всіх видах навчальних занять, оскільки LEGO-технологія цікава тим, що, базуючись на інтегрованих принципах, об’єднує в собі елементи гри та експериментування. LEGO-конструктор також широко використовується на заняттях з конструювання і вирішує наступні завдання: розвиває розумові процеси (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення тощо), є досить ефективним засобом активізації мислення, служить для конструювання за моделями, схемами, кресленнями, планом, зразком, по пам’яті, розвитку уяви, сприяє конструюванню за задумом, з певної теми тощо.

STEM-технології – один із шляхів реалізації Концепції «Нова українська школа», Концепції природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Впровадження STEM-технологій для розвитку STEM-освіти передбачає інтегрований підхід до навчання, який включає контент із різноманітних предметів. Для ефективного впровадження STEM-технологій на уроках та засвоєння нових навичок і знань необхідно:

* індивідуально та творчо підійти до складання календарного планування;
* провести імплементування міжпредметних зв’язків під час викладання предмету;
* здійснити засвоєння теоретичних та практичних знань щодо STEM-освіти через проходження курсів, хакатонів, марафонів та вебінарів на платформах «Всеосвіта», «НаУрок», «Prometheus», «Edera», «Цифрова академія», «EdCamp», «EdLab» та інші;
* ефективніше впроваджувати сучасні, популярні STEM-навчання, які включають роботу із лайфхаками, кейсами, мейкерством, IT-візуалізацію, моделювання, кодування, робототехніку;
* ширше залучати здобувачів освіти у різноманітних STEM-конкурсах та проєктах;
* опрацювувати питання ефективного впровадження STEM-технологій на засіданнях форм методичної роботи;
* доцільно переглянути матеріали за такими покликаннями:

<https://fitu.kubg.edu.ua/images/stories/Departments/kitmd/Internet_conf_17.05.18/s1/1_Zhukova.pdf>

<http://znpfizmat.ddpu.edu.ua/article/view/261520>

<https://www.cuspu.edu.ua/ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktychna-onlain-internet-konferentsiia-problemy-ta-innov>

<https://www.youtube.com/watch?v=U_3DfuxeZPs>

<https://naurok.com.ua/prezentaciya-vprovadzhuemo-stem-tehnologi-v-osvitniy-proces-294638.html>

<https://naurok.com.ua/vprovadzhennya-stem-tehnologiy-z-metoyu-formuvannya-klyuchovih-ta-predmetnih-komp>

<https://journals.pnu.edu.ua/index.php/esu/article/view/2735>

Варто зауважити, що для впровадження STEM-освіти є доцільним створення STEM-центру у закладі освіти, що допоможе повною мірою втілити завдання залучення здобувачів освіти до наукової та інженерної діяльності, забезпечити можливість спільної роботи педагогів, здобувачів освіти, викладачів вузів і науковців. STEM-центр це – простір нових можливостей для здобувачів освіти, де створені сучасні умови навчання, для формування інтересу до дослідницької, новаторської, конструкторської та винахідницької діяльності, розвитку креативного мислення. Напрям в освіті при якому в навчальних програмах посилюється природничо-науковий компонент.

Відкриті освітні інтернет-ресурси є доповненням до традиційних засобів навчання щодо впровадження STEM-освіти, забезпечать рівний доступ здобувачів освіти до якісної STEM-освіти, тому корисними у роботі педагогів будуть такі лінки:

https://quizlet.com – сервіс для створення інтерактивних вправ;

http://rebus1.com/ua/ – генератор ребусів;

https://www.studystack.com/ – сервіс для створення інтерактивних ігор;

https://kahoot.com/ – один із найбільш захоплюючих для учнів сервісів;

https://www.sparkol.com/en/– потужний інструмент для створення відеоскрайбінгу;

https://www.powtoon.com – інструмент для створення скрайбінг-презентації;

https://www.plickers.com/ – онлайновий сервіс, що не вимагає використання учнями телефону чи комп’ютера;

https://quizizz.com/ – зручний інструмент для створення вікторин.

Для впровадження STEM в закладі освіти можна використати програми:

1. Програма курсу за вибором «Робототехніка» для учнів 8–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів (Київ-2018) (авторський колектив: Василюк Анатолій Дмитрович, Клименко Павло Олексійович, Ніфантьєв Костянтин Сергійович): https://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF\_PROG\_WEB.pdf.

2. Модельна навчальна програма «Робототехніка. 5–6 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Сокол І. М., Ченцов О. М.). Рекомендовано Міністерством освіти і науки України, наказ Міністерства освіти і науки України від 12.07.2021 № 795 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки України від 29.09.2021 № 1031).

3. Модельна навчальна програма «SТEM. 5–6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» для закладів загальної середньої освіти (авт. Бутурліна О. В., Артєм’єва О. Є.).

4. Навчальна програма гуртка «Екодизайн засобами STEM». Науково-технічний напрям (автори: Михайленко Я. В., Спільніченко О. І., Слабіцька Н. П.): https://docs.google.com/document/d/1tyLQ-PWF3N59Ka2glCetMdWcUPk0Vj9M/edit.

Впровадження STEM-навчання має відбуватися в межах чинного законодавства на засадах особистісно-зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, тому доцільно опрацювати нормативно-правову документи:

* Закони України «Про освіту», «Про повну загальну середню освіту», «Про позашкільну освіту», «Про наукову та науково-технічну діяльність», «Про інноваційну діяльність», «Про культуру»;
* Концепцію реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року, затверджену розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 року № 988-р;
* Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), затверджену розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 року № 960-р);
* План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 року № 131-р;
* План заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 року № 320-р;
* Положення про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності, затверджене наказом Міністерства освіти і науки України від 07 листопада 2000 року № 522, зареєстроване в Міністерстві юстиції України 26 грудня 2000 року за № 946/5167 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 30 листопада 2012 року № 1352);
* Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022–2023 навчальному році (Лист ІМЗО від 15.08.2022 № 22.1/10-1089).

Успішному впровадженню STEM-освіти корисно переглянути ресурси за такими покликаннями та опрацювати науково-практичні публікації, навчально-методичну літературу:

<https://educationpakhomova.blogspot.com/2021/08/15.html?spref=fb&fbclid=IwAR2cqwPMtd1-mang9g1PLe4Nz>

<https://www.edx.org/learn/stem>

<http://learn-stem.org/free-course-stem-innovations-and-online-learning>

<https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>

<https://udcpo.com.ua/wp-content/uploads/>

<https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f49ee634-1909-4c5d-ab78-0ff34a693f94/book>

1. Багашова В., Ісак Т. STEM-освіта – від уроку до інновації. Наукові записки Малої академії наук України : зб. наук. праць. К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 183–196.

2. Балик Н. Р., Барна О. В., Шмигер Г. П. Впровадження STEM-освіти у педагогічному університеті. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : збірник тез за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 9–10 листопада 2017 року). Тернопіль : Осадца Ю. В., 2017. № 1. С. 11–14. URL: http://conf.fizmat.tnpu; edu.ua/media/arhive/2017\_edit.pdf.

3. Бобилєв Д. Є., Барабан К. О., Савіцька А. В. Факультативний курс «Задачі оптимізації» для учнів 10–11 класів у рамках концепції STEM-освіти. Наукові записки [Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Сер. : Педагогічні науки. 2018. Вип. 168. С. 34–38. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz\_p\_2018\_168\_9.

4. Богачук Т. С., Скасків Г. М. Впровадження STEM-освіти у початковій школі. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : збірник тез за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 9–10 листопада 2017 р.). Тернопіль : Осадца Ю. В., 2017. № 1. С. 23–25. URL: http://conf.fizmat.tnpu.edu.ua/media/arhive/2017\_edit.pdf.

5. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки. 2018. Вип. 3. С. 9–20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nzbdpu\_2018\_3\_3.

6. Воронкін О. Використання елементів STEАM-освіти під час розгляду базових питань шкільної програми фізики з кінематики механічного руху. Наукові записки Малої академії наук України : зб. наук. праць. К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 144–160.

7. Деркач Н. Про деякі аспекти викладання шкільного факультативного курсу «Фізика в русі» (8, 9 клас) крізь призму STEM-освіти. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 40–43. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\_11/Zbirnyk.pdf.

8. Дрібноход Д. Робототехніка як напрям STEAM освіти. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 43–46. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\_11/Zbirnyk.pdf.

9. Квадріціус С. Дидактичні аспекти впровадження STEM-освіти на уроках природничо-математичних предметів. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 50–52. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\_11/Zbirnyk.pdf.

10. Кириленко С., Кіян О. Проблема підготовки вчителя у системі STEM-освіти: розвиток та формування його професійної компетентності. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти».

11. Лозова О., Горбенко С. Інтеграція навчання як складова STEM-освіти. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 78–80. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\_11/Zbirnyk.pdf.

12. Мамон Л. STEM-потенціал навчальних екскурсій. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 року, м. Київ. К. : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 80–83. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\_11/Zbirnyk.pdf.

13. Мірча Н. Зміст і напрями організації освітнього процесу із запровадженням STEM-навчання задля формування компетенцій учнів. Наукові записки Малої академії наук України. Серія «Педагогічні науки» : зб. наук. праць / ред. кол. : С. О. Довгий (голова), О. Є. Стрижак, О. В. Лісовий, І. М. Савченко та ін. К. : Національний центр «Мала академія наук України», 2019. Вип. 15. С. 50–56. URL: http://man.gov.ua/ upload/activities/Scientifik\_note/Scientifik\_note\_JASU\_15.pdf.

14. Морзе Н. В., Гладун М. А., Дзюба С. М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 65. № 3. С. 37–52. URL: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2041/1348.

15. Олесюк О. Р. Психолого-педагогічні аспекти впровадження STEM-освіти у навчальних закладах. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : збірник тез за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 9–10 листопада 2017 року). Тернопіль:

16.М’ялковська О.Я. STEM в освітньому просторі закладу освіти (навчально-методична скарбниця). Методичний посібник. Тернопіль: Тернопільський ОКІППО, 2023. 148 с.