

УДК 372.851+362

DOI:<https://doi.org/10.54662/veresen.3.2022.03>**Ганна Погромська,**

ORCID iD 0000-0002-6779-3995

*кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри теорії й методики
природничо-математичної освіти
та інформаційних технологій**Миколаївський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти**вул. Адміральська, 4-а, 54001, м. Миколаїв, Україна
hanna.pohromska@moipro.mk.ua***Наталія Махровська,**

ORCID iD 0000-0001-9603-6902

*кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри теорії й методики
природничо-математичної освіти
та інформаційних технологій**Миколаївський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти**вул. Адміральська, 4-а, 54001, м. Миколаїв, Україна
natalya.makhrovska@moipro.mk.ua***Еліна Рогожинська,**

ORCID iD 0000-0002-6289-7162

*методист кафедри теорії й методики
природничо-математичної освіти
та інформаційних технологій**Миколаївський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти**вул. Адміральська, 4-а, 54001, м. Миколаїв, Україна
elina.rohozhynska@moipro.mk.ua*

РЕЛЕВАНТНІСТЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ В СИНЕРГІЇ СКЛАДНИКІВ STEM

У статті розглянуто вітчизняні та міжнародні підходи до STEM-освіти. Показано, що STEM-підходи стають щодалі більш популярними в сучасній освіті, підвищуючи якість навчання та вмотивованість учнів. В основній частині розглянуто природу STEM з огляду на його міждисциплінарний характер. Акцентовано на необхідності розвитку навичок STEM у школах та на робочих місцях для підвищення кваліфікації вчителів у цьому напрямі. Висвітлено проблеми, які доводиться вирішувати вчителям під час викладання математики в розрізі STEM. Доведено недооціненість ролі математики як суттєвого складника течії STEM та продемонстровано її практичну значущість у формуванні компетентних STEM-фахівців. Запропоновано деякі шляхи з підвищення значущості математики в інтегрованому контексті STEM. Уперше педагогам представлено бачення STEM-підходу через два ключових складники (інтеграція предметного змісту з провідною роллю математики; реалізація проєктного підходу) у рамках регіонального проєкту «Впровадження STEM-освіти в освітній процес із математики». Звернено ува-

гу на наявні практичні напрацювання авторів за темою релевантності математичної освіти в синергії складників STEM, серед яких окреслено форми організації навчальної діяльності та види навчальних завдань.

Ключові слова: математика; проєкт; релевантність; синергія; PISA; STEM-освіта.

© Погромська Г. С., Махровська Н. А., Рогожинська Е. К., 2022

Вступ. Проблема недооцінення ролі математики в навчанні природничо-математичних дисциплін є загальносвітовою. У багатьох країнах посилено увагу до розвитку STEM (наука, технології, інженерія, математика) у школах і на робочому місці, причому офіційно визнано його потужну роль у навчанні. Вивчати матеріал без можливості його застосування на практиці неефективно і недоцільно. STEM-освіта дає можливість створити навчально-пізнавальне середовище, яке зацікавить і змотивує. Для стимулювання творчої активності учнів на уроках потрібно підібрати відповідні види діяльності та практико-орієнтовані завдання, створивши відповідну атмосферу.

Система освіти не може дати дитині абсолютно всі знання з певного предмета, тому потрібно навчити дітей самостійно здобувати додаткові знання та надати інструменти їх використання. STEM-орієнтовані уроки математики покликані розвивати, мотивувати та підтримувати інтерес до предмета, стимулювати потяг до навчання і здобуття нових знань, розвивати особистість, учити бачити головне в проблемі: аналізувати, порівнювати, зіставляти, класифікувати. Такі уроки переконують у тому, що математика є не тільки основою і мовою інших дисциплін, а й засобом для глибокого розуміння концепцій в інших галузях.

Вивчення цього предмета є ключовим елементом професій у галузі STEM, інтерес до неї є важливим фактором, що сприяє схильності учнів цікавитися кар'єрою в галузі STEM. Учені Е. Оз і М. Клозер (Oz E., Kloser M., 2021) виявили, що схильність до математики є важливим позитивним предиктором ставлення до кар'єри STEM, а також ідентичність, цінність задоволення,

цінність корисності кар'єри STEM, причому цінність корисності має найбільший рівень впливу. Інтерес до математики може вплинути на те, чи оберуть учні професію в галузі STEM, наскільки вони зацікавлені в різних сферах кар'єри в галузі STEM.

Математика є універсальною мовою науки і розвиває інтелектуальний потенціал особистості. Вона дає інструментарій для побудови логічних алгоритмів міркувань вирішення проблеми, має лаконічні та точні засоби для опису, стимулює до аргументації кожного вислову, що сприяє розвитку розумової культури та здійснює позитивний вплив на успішність із будь-яких предметів.

Постановка завдання. STEM-освіта – це не просто об'єднання кількох напрямів одним словом, а сучасна лінія синергії природничо-наукової, математичної та інженерної освіти. Практика реалізації STEM-підходу в освіті вибудована на діяльній основі через експериментування, дослідження, проєктування, конструювання, програмування.

Простежуємо такі суперечності: з одного боку, розуміння учнями того, що математику використовують у багатьох галузях сучасних професій, має спонукати їхній інтерес до математики та інтерес до деяких галузей кар'єри STEM, а з іншого – одним із можливих пояснень труднощів, із якими стикаються учні під час вивчення математики, є недостатнє сприйняття актуальності математики для їхніх прагнень у майбутній професії.

Метою статті є продемонструвати тісний зв'язок математики з природничими дисциплінами в розрізі STEM-освіти та встановити релевантність математичного складника, показати імплементацію ідей

STEM-освіти в математику.

У рамках статті окреслені **завдання**:

1. Визначити місце математики в між-дисциплінарному підході STEM у наукових напрацюваннях вітчизняних і закордонних авторів.

2. Довести ключову роль математики як релевантного складника STEM-освіти в синергії з іншими навчальними предметами.

3. Показати практичну реалізацію STEM-підходів у математиці під час проведення занять різних типів, зокрема навчальних проєктів.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням інтеграції STEM-освіти в освітній процес присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних учених. Зарубіжні дослідження в галузі STEM підкреслюють бачення STEM-професій у контексті інженерних напрямів (STEM Partnerships Forum Report, 2019; Carnevale A., Melton M., Smith N., 2014), а вітчизняні науковці (за даними ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» МОН України, станом на 2020 р. (Chernomorets V. V., Vasylenko I. V., Kovalenko M. V., 2020) вбачають розвиток STEM у напрямі робототехніки, природничо-екологічних досліджень із використанням цифрових вимірювальних комплексів та 3D-моделювання.

Зарубіжні науковці висловлюють занепокоєння (English L. D., Kirshner D., 2015; Honey M., Pearson G., 2014) щодо недостатньої представленості математики у STEM-дисциплінах, закликають (Moore T. J., Stohlmann M. S., Wang H., Tank K. M., Glancy A. W., Roehrig G. H., 2014) до поглиблення зв'язків між дисциплінами з огляду на основну роль саме математики. І під час аналізу вітчизняної літератури автори зазначають той факт, що незначна кількість досліджень стосується саме ключової ролі математики у STEM та впровадження STEM-технологій в уроки математики. Дослідження стосуються здебільшого інженерних спеціальностей та допоміжної ролі математики. Деякі рекомендації щодо конкретних тем матема-

тики пропонують у своєму дослідженні Т. Г. Крамаренко, О. С. Пилипенко, але вони акцентують на підготовці майбутніх учителів та інтеграції дисциплін (Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С., 2018).

У «Методичних рекомендаціях щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році» («Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти», 2022) зазначено, що одним із системних складників формування змісту STEM-освіти є трансфер знань, що забезпечує впровадження досягнень наукової сфери в освітній процес. Методологічною основою формування змісту STEM-освіти є трансдисциплінарний підхід. У роботі Л. О. Клименко розкрито роль метапредметного підходу в освітньому процесі як способу забезпечення впровадження засад STEM-освіти (Клименко Л. О., 2016).

Окремий розгляд навичок XXI століття – softskills та інженерної освіти – hardskills, на думку авторів Г. Дженг (Jang H., 2015) та О. Бутурліна, Т. Лисоколенко, С. Довгаль (Buturlina O., Lysokolenko T., Dovgal S., 2019), не зумовить комплексне формування STEM-компетентності. Відтак виникає необхідність спеціального підвищення кваліфікації педагогів у напрямі STEM-освіти, що також простежуємо у статті S. Papadakis (Papadakis S., 2016). Вітчизняні науковці проводять системну роботу в цьому напрямі, зокрема в методичних рекомендаціях щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році зазначена низка заходів (Методичні рекомендації, 2022). Конкретні змістові шляхи підготовки STEM-освітян запропоновані в колективній праці (Balyk N., Varna O., Shmyger G., Oleksiuk V., 2014).

Підготовкою майбутніх педагогів у контексті розвитку STEM-освіти займалися І. Шимкова, С. Цвілик, В. Гаркушевський (Шимкова І., Цвілик С., Гаркушевський В., 2019), але використання STEM-підходів для навчання вимагає системного бачення

таких методів від педагогів.

Упровадження STEM-освіти – це інноваційний шлях у вивченні не тільки природничих дисциплін, а й математики. Реалізація зазначених ідей (Lavicza, Z., Prodromou, T., Juhos, I., Koren, B., Fenyvesi, K., Hohenwarter, M., Diego-Mantecon, J. M., 2022) передбачає розроблення відповідних технологій, ресурсів, педагогічних прийомів і, що важливо, підготовку вчителів до того, щоб вони могли використовувати технології з новими підходами до навчання.

Інтеграцію математики в освітній процес через досвід учителів-практиків у розрізі міжпредметного змісту STEM досліджують співробітники кафедри теорії й методики природничо-математичної освіти та інформаційних технологій Миколаївського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти (Погромська Г. С., Махровська Н. А., 2019).

Виклад основного матеріалу. У методичних рекомендаціях Інституту модернізації змісту освіти щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році (Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти, 2022) зазначено: «Розвиток ІТ-галузі, робототехніки, нанотехнологій призводить до потреби у фахівцях високотехнологічних галузей, здатних до комплексної науково-інженерної діяльності, тому актуальним є вирішення питання щодо надання якісної освіти учнівству з природничо-математичних дисциплін, інженерії, програмування». Зауважимо, що в цьому документі математику не згадують як окрему дисципліну, а лише як складник STEM.

Недостатня залученість учнів до STEM-навчання з низки причин (матеріальна база, наявність педагогів STEM тощо) зумовлює проблеми щодо зацікавленості та вибору в майбутньому професій STEM. З іншого боку, дискусії про недостатність кадрів у галузях STEM переплітаються з гострою потребою покращення освіти STEM у школах. Дисципліни цього напря-

му настільки пронизують наше життя, що стають невід'ємною частиною сучасної освіти, і саме сучасність диктує нам, що їх упровадження варто починати з перших років навчання. Основна проблема полягає у формуванні STEM-грамотності, тобто учні нині не напрацьовують міцну основу у природничих науках, математиці та інженерії. Результати ЗНО з математики демонструють нам, що учні не надто добре складають цей тест, тобто якість знань із математики є невисокою, що так само призводить до того, що учні побоюються обирати професії з галузі STEM.

Аналіз, представлений у STEM Task Force Report (2014), дозволяє зазначити, що педагоги, які розглядають STEM із міждисциплінарного погляду, часто наголошують на загальних атрибутах, які виходять за рамки дисциплін і передбачають критичне мислення, вирішення проблем і процеси дослідження, командну роботу та процеси проектування. Інші освітяни вважають освіту STEM сприянням стійкій взаємодії з дисциплінами STEM, де учні можуть стати компетентними учасниками низки заходів, пов'язаних зі STEM. Частина дослідників напряму STEM вважають, що це набагато більше, ніж просто інтеграція чотирьох дисциплін, імовірніше вона охоплює «навчання в реальному світі, засноване на проблемах», яке об'єднує дисципліни «через згуртоване та активне викладання та підходи до навчання». Дисципліни «не можна і не потрібно викладати ізольовано, так само як вони не ізольовані в реальному світі чи робочій силі» (STEM Task Force Report, 2014).

Зі стрімким розвитком STEM-освіти як міждисциплінарної конструкції деякі освітяни висловлюють занепокоєння щодо ролі математики в такому підході до навчання. Аналізуючи Основні державні стандарти США з математики (Mathematics Standards, 2010) і Наукові стандарти наступного покоління (The Next Generation Science Standards, 2013), можемо зауважити, що в останніх є заклики до більш глибоких зв'язків між дисциплінами STEM, але

водночас не можна не помітити факт недостатньої представленості математики в цих документах. Хоча посилання на STEM-науку можна інтерпретувати як охоплення математики, стверджуємо, що є реальна небезпека того, що STEM-наука затьмарить важливість математики в сучасному світі.

Багато країн визнають роль STEM-освіти як такої, що сприяє розвитку «широкої наукової грамотності» з ключовою метою в їхніх шкільних програмах бути «наукою для всіх» із посиленням зусиль у підвищенні практичної спрямованості освіти в початковій, молодшій і середній ланках (Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., Roberts, K., 2013). Цікаво, що С. Марґінсон та інші зазначають, що обговорення STEM рідко набуває форми «математики для всіх», навіть якщо математика лежить в основі інших дисциплін. Науковці стверджують, що математика має відігравати ключову роль та бути основою кожної освітньої ланки з елементами наслідування та розвитку в них (Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., Roberts, K., 2013, с. 70). Уважаємо, що, впроваджуючи інженерну освіту починаючи з молодшого шкільного віку, потрібно пам'ятати про її практичну направленість та демонструвати важливість та практичне застосування математики, не обмежуючись лише її науковим (формальним) складником. Водночас разом із викликами, які стоять перед математичною освітою, спостерігаємо можливості для її розвитку в напрямі STEM-освіти.

Останніми роками розвиток математичної грамотності є одним із загальносвітових пріоритетних напрямів, хоча з різними інтерпретаціями та акцентами на зміст. Глобальне значення, яке надається цій грамотності, є очевидним унесенні її як основного домену в PISA 2012 (OECD. PISA 2012 assessment, 2013), тому не дивно, що коли країни з невисокими результатами PISA розмірковують про математичні досягнення своїх учнів, вони ставлять під сумнів якість своїх навчальних програм і планують стратегічні дії, необхідні для покращення дисциплін STEM. Натомість кра-

їни з високими результатами міжнародного тестування мають STEM-орієнтовані освітні програми, у яких ключова роль відведена математиці з погляду її прикладної спрямованості, та зосереджуються на формулюванні практичних запитів, вирішенні проблем, критичному мисленні, креативності та інноваціях. Такі програми вибудовують з акцентом на «задоволенні життєвих потреб через використання та залучення до математики, прийняття обґрунтованих суджень і розуміння корисності математики щодо вимоги життя» (Thompson, S., Hillman, K., De Bortoli, L., 2013). Отже математична грамотність є основою освіти STEM, де здатність працювати з невизначеністю та даними є центральною для прийняття рішень. Крім того, з експоненціальним зростанням цифрової інформації у STEM здатність працювати з суперечливими та потенційно ненадійними онлайн-даними є актуальною, тому необхідно визнати основну роль математики в аналізі та обґрунтуванні даних, у вмінні приймати обґрунтовані рішення та брати участь у конструктивних обговореннях. Одним із підходів до підвищення рівня математики у STEM є процес моделювання, спрямований на розвиток математично грамотного учня.

У STEM-підході виділяють два ключові складники, без яких STEM не буде підходом в освіті, а залишиться просто блоком навчальних дисциплін:

- інтеграція предметного змісту з провідною роллю математики (природничі науки, інформаційні технології, математика, інженерні технології);
- реалізація проєктного підходу (проєкти та/ або дослідження учнів як форма організації навчальної діяльності).

Є низка супутніх принципів і методів, значущих для STEM-підходу, які найчастіше використовують під час реалізації у практиці роботи з учнями. Вони тією чи іншою мірою спрямовані на розвиток універсальних навичок XXI століття (4К – критичне мислення, креативність,

комунікація, командна робота) у процесі виконання предметних та міжпредметних завдань. Зазначимо, що засобом вирішення різноманітних проблем природничої освіти є математика. Бажано, щоб завдання виконували в парі чи групами із функціональним розподілом ролей, розвивали навички командної роботи та комунікації. Важливо, щоб пропонована задача та матеріал дозволяли розвивати навички роботи з інформацією, критичне мислення, спонукали виявляти ініціативу та надситуативну активність, виходити за рамки пропонованого завдання та діяти за інструкцією – тобто давали можливість прояву та розвитку креативності.

Однією з форм STEM-навчання є міжпредметні уроки, які сприяють формуванню цілісного та системного світогляду і висловленню власної позиції здобувачів щодо проблемних питань уроку. Такі уроки можна проводити через об'єднання схожої тематики кількох навчальних предметів або формування інтегрованого заняття.

На таких уроках учителі показують важливість методів наукового дослідження та пропонують практику їхнього застосування. Для цього на уроках математики варто давати завдання дослідницького характеру, які є практико-орієнтованими та пов'язаними з актуальними життєвими проблемами. Такі завдання зазвичай не мають готової відповіді, вони сприяють самостійному пошуку та обґрунтуванню набутих результатів.

Побудова математичної моделі задачі – це переклад завдання на мову математики. Прикладний характер математичних задач підводить учнів до створення математичної моделі будь-яких задач: фізичних (про швидкість або роботу, силу струму або рух супутників), хімічних (про відсоткові розрахунки та розчини, реакції та окислення і відновлення), екологічних (щодо забруднення навколишнього середовища та очисні споруди), економічних (щодо інфляційних процесів, накопичення капіталу та розвиток власного бізнесу), інженерних (конструювання механізмів,

схем, приладів). Виконання цих завдань демонструє важливість математики в усіх галузях нашого життя, тому прикладні задачі є одним із дієвих напрямів упровадження STEM-технологій у навчання математики.

Упроваджувати елементи STEM-освіти в уроки математики доцільно під час розв'язування задач, виконання проєктів або в позаурочний час.

У методичних рекомендаціях із розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2019/2020 навчальному році наголошується, що «Однією з форм STEM-навчання є уроки/заняття, які спрямовані на встановлення міжпредметних зв'язків і сприяють формуванню в учнів цілісного, системного світогляду, актуалізації особистісного ставлення до питань, що розглядають на уроці/занятті. Ефективним засобом формування компетентностей є проєктна діяльність. Виконання STEM-проєктів передбачає інтегровану дослідницьку, творчу діяльність учнів, спрямовану на набуття самостійних результатів під керівництвом учителя-ментора» (Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти, 2019).

Практичне значення. STEM-освіта ставить перед учителями завдання поєднання навчальних предметів, інтегруючи їхній зміст у математику через систему підібраних завдань. Виконуючи ці завдання, учні досліджують проблему та встановлюють причинно-наслідкові зв'язки між компонентами завдання, розвивають логічне, просторове і системне мислення та комунікативні здібності. Відтак основним засобом імплементації наскрізних ліній у математику є підбір таких задач та відповідних видів діяльності. Реалізація такого підходу може відбуватися під час виконання навчальних проєктів, коли учні працюють у групах, вчать розподіляти ролі, взаємодіяти, здійснювати пошук та аналізувати інформацію і презентувати отримані результати в доречній формі. Наведемо приклади тем проєктів, які можна запропонувати учням: «Геометричні об'єкти в архітектурі», «Художня математика» (5 клас); «Що

цікавого в залізничних коліях?»; «Готуємо смузи у дробах» (6 клас); «Чи залежить тривалість життя від наших звичок» (7 клас); «Використання графіків функцій під час моделювання одягу», «Подібні трикутники в архітектурі та побуті» (8 клас); «Розрахунок вартості матеріалів для ремонту кімнати», «Фонтани і мости» (9 клас).

Інтегровані STEM-уроки краще реалізовувати в місцях, що відповідають ідеї: на подвір'ї або виробництві, на стадіоні або в майстерні тощо. Під час таких уроків можна конструювати та досліджувати моделі з підручних матеріалів (гілки, листочки, мотузки або лозу, сірники, пісок або глину тощо) чи використовувати реальні об'єкти/інструменти. Ці уроки мають назву плернерні уроки. Вони дозволяють унаочнити проблемне завдання та пов'язати його з теорією і практикою. Так учні починають розуміти необхідність теорії для виконання практичних завдань. Удалим прикладом такого уроку може бути урок просто неба на тему «Види кутів» (7 клас, учитель математики Березнегуватського ЗЗСО Н. М. Дармосюк).

Для реалізації вищезазначеного до речними є сюжетні задачі, які потребують для розв'язку реалізації усіх етапів математичного моделювання. Також доцільно використовувати лабораторно-графічні роботи, які наочно демонструють співвідношення між даними, впливають на розуміння розмірів та масштабу, уводять поняття точності обчислень тощо.

Дієвим способом дослідження геометричних фігур є використання мистецтва орігамі та кірігамі. Він розвиває просторове мислення, графічні вміння, навички побудови схем та геометричне уявлення.

Можна практикувати проведення плернерних уроків – це урок, проведення якого передбачається не в класі, а просто неба або в докільлі, щоб навчатися бачити, слухати і розуміти навколишній світ. На таких уроках можна вдало пов'язати теорію з практикою та реальним життям. Прикладом може бути урок-екскурсія в 5 класі на тему «Математика навколо нас», яку можна

провести на пришкольній території. Головна мета уроку – спостереження за предметами, явищами, процесами, що вивчають, та використання теоретичних математичних знань на практиці.

Педагоги Миколаївської області активно долучаються до створення освітнього середовища для реалізації концепції STEM-освіти в Україні в рамках регіонального проєкту «Впровадження STEM-освіти в освітній процес із математики» (далі – Проєкт) (<https://cutt.ly/jClgUwN>). Проєкт дає можливість як презентувати власні напрацювання, так і перейняти досвід своїх колег із різних куточків Миколаївської області. Педагоги Миколаївської області не перший рік працюють у напрямі впровадження STEM-освіти. Усі матеріали будуть долучені до інтерактивної карти Google Maps, яка дасть можливість об'єднати всі напрацювання в одному просторі (Регіональний проєкт «Впровадження STEM-освіти в освітній процес із математики»: <https://cutt.ly/jClgUwN>).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Зважаючи на міждисциплінарний характер STEM-освіти і наявні наукові та методичні напрацювання, можна стверджувати, що математика перебуває під загрозою бути затьмареною іншими природничими та інженерними дисциплінами. Автори пропонують звернути увагу на релевантність математичної освіти у складі STEM.

STEM-компетентність учня визначають щодо кожної з дисциплін, демонструючи їхню синергію.

Отже, науково грамотні учні використовують наукові знання не лише з фізики, хімії, біологічних наук і наук про Землю/космос, щоб зрозуміти природний світ, вони розуміють наукову потребу в наявних і нових технологіях для проєктування нового продукту в науковому розумінні та використання математики для формулювання та вирішення проблем як універсальної мови науки.

Технологічно грамотні учні у процесі розв'язання прикладної задачі розуміють,

що технологія – це інновація з природними ресурсами або маніпулювання ними, щоб допомогти створювати та задовольняти людські потреби, а також навчитися створювати, використовувати технологічні інструменти для вирішення наукових, математичних та інженерних проблем і керувати цими технологічними інструментами.

Учні, які володіють інженерною грамотністю, розуміють, як старі та сучасні технології розробляються у процесі інже-

нерного проєктування для вирішення проблем; розуміють роль математики у створенні цих технологій.

Математично грамотні учні не тільки вміють аналізувати, міркувати та спілкуватися, вони також можуть моделювати, формулювати, вирішувати та інтерпретувати питання та їх імплементацію в науку, техніку та технології.

Перспективою подальших досліджень є імплементація ідей STEM-освіти

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко Л. О. Удосконалення навичок учителя-природничка з упровадження в навчальний процес методів пізнання природи (у межах STEM-освіти) / Л. О. Клименко // Молодий вчений : наук. журнал. – № 10 (37) жовтень. – Херсон : Видавничий дім «Гельветика». – 2016. – С. 244–248.

2. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики / Т. Г. Крамаренко, О. С. Пилипенко [Електронний ресурс] // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 4 (18). – С. 90–95. – Режим доступу: http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/3382/1/2018_4-18-Kramarenko_Pylypenko_FMO.pdf. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-018-4-014>.

3. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2019/2020 навчальному році // Лист ІМЗО від 22.08.2019 № 22.1/10-2876 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1jF4z8ADQGx59abukBq8N5JRi8Vd4AmvI/view>.

4. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році // Лист ІМЗО від 15.08.2022 № 22.1/10-1080 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1qFKDLtKedITvar63HJFToyQWw7KONFuN/view>.

5. Погромська Г. С., Махровська Н. А. Технологія реалізації майстер-класу з інформатики у рамках STEM-орієнтованого підходу до навчання / Г. С. Погромська, Н. А. Махровська // Актуальні питання сучасної інформатики: Матеріали доповідей ІV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці» (07–08 листопада 2019 р.). – Житомир : ЖДУ, 2019. – Вип. 7. – С. 74–77.

6. Регіональний проєкт «Впровадження STEM-освіти в освітній процес з математики» [Електронний ресурс] / Сайт «Математика у цифровому суспільстві». – Режим доступу: <https://cutt.ly/jClgUwN>

7. Шимкова І., Цвілик С., Гаркушевський В. Модернізація професійної та технологічної підготовки майбутніх педагогів у контексті розвитку STEM-освіти / І. Шимкова, С. Цвілик, В. Гаркушевський // Проблеми підготовки сучасного вчителя. – 2019. – Вип. 1(19). – С. 152–159. DOI: <https://doi.org/10.31499/2307-4914.19.2019.174022>.

8. Balyk N., Varna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies (n.d.). Retrieved from: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf. ///

9. Buturlina O., Lysokolenko T., Dovgal S. Reflexion of STEM Implementation in Ukraine / O. Buturlina, T. Lysokolenko, S. Dovgal // New Perspectives in Science Education:

International Conference. Retrieved from: <https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0008/FP/4695-STEM3738-FP-NPSE8.pdf>

10. Carnevale A., Melton M., Smith N. STEM: Science Technology Engineering Mathematics, 2014. Retrieved from: <https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/stem-execsum.pdf>

11. Chernomorets V. V., Vasylenko I. V., Kovalenko M. V. Development STEM-education in Ukraine (according to the results of the Research «the state of development stem-education in Ukraine») // Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine. – 2020. – №3 (19). – P. 71–81. DOI: <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2020-19-08>.

12. English L. D., Kirshner D. Changing agendas in international research in mathematics education. In L. D. English, & D. Kirshner (Eds.), Handbook of international research in mathematics education. – New York: Routledge, 2015.

13. Honey M., Pearson G., Schweingruber (Eds.). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington: National Academies Press, 2014.

14. Jang H. Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data // Journal of Science Education and Technology. – 2015. – 25 (2). – С. 284–301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>

15. Lavicza Z., Prodromou T., Juhos I., Koren B., Fenyvesi K., Hohenwarter M., Diego-Mantecon J. M. The Need for Educational Research on Technology: Trends and Examples. Int. J. Technol. Math. Educ. 2022, in press.

16. Marginson S., Tytler R., Freeman B., Roberts K. STEM: Country comparisons. – Melbourne: Australian Council of Learned Academies, 2013.

17. Mathematics Standards: Common Core State Standards for Mathematics, 2010. Retrieved from: http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Standards1.pdf

18. Moore T. J., Stohlmann M. S., Wang H., Tank K. M., Glancy A. W., Roehrig G. H. Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.). Engineering in pre-college settings: Research into practice West Lafayette, IN: Purdue University Press, 2014. – pp. 35–60.

19. OECD. PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. OECD Publishing, 2013. Retrieved from: http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf

20. Oz E., Kloser M. Middle school students' motivational dispositions and STEM career attitudes // Paper presented at the 2021 Annual Meeting of the American Educational Research Association: Virtual Conference. – 2021.

21. Papadakis S. Creativity and innovation in European EDUCATION. 10 years ETWINNING. past, present and the future // International Journal of Technology Enhanced Learning. – 2016. – № 1(1). DOI: <https://doi.org/10.1504/ijtel.2016.10001503>.

22. STEM Partnerships Forum Report, 2019 // Carlton South Vic: Education Council. Retrieved from: <https://fddocuments.in/document/stem-partnerships-forum-report-response-education-for-their-school-education-system.html?page=1>

23. STEM Task Force Report. Innovate: A blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California public education. – Dublin, California: Californians Dedicated to Education Foundation, 2014.

24. The Next Generation Science Standards, 2013. Retrieved from: <https://www.nextgenscience.org/get-to-know>

25. Thompson S., Hillman K., De Bortoli L. A teacher's guide to PISA mathematical literacy. – Melbourne: Australian Council for Educational Research, 2013.

THE RELEVANCE OF MATHEMATICS EDUCATION IN THE SYNERGY OF STEM COMPONENTS

Pohromska Hanna,

*PhD, Docent, Associate Professor
Department of Theory and Methods of Sciences,
Mathematics and Information Technologies
Mykolaiv In-Service Teachers Training Institute
4-a Admiralska Street, Mykolaiv, 54001, Ukraine
hanna.pohromska@moippo.mk.ua*

Makhrovska Natalya,

*PhD, Associate Professor
Department of Theory and Methods of Sciences,
Mathematics and Information Technologies
Mykolaiv In-Service Teachers Training Institute
4-a Admiralska Street, 54001, Mykolaiv, Ukraine
natalya.makhrovska@moippo.mk.ua*

Rohozhynska Elina,

*educator
Department of Theory and Methods of Sciences,
Mathematics and Information Technologies
Mykolaiv in-Service Teachers Training Institute
4-a Admiralska Street, 54001, Mykolaiv, Ukraine
elina.rohzhynska@moippo.mk.ua*

The article discusses domestic and international approaches to STEM education. It is shown that STEM approaches are becoming more and more popular in modern education, improving the quality and motivation of students. The main part examines STEM due to its interdisciplinary nature. Attention is focused on STEM skills development in schools and workplaces with the need to improve relevant teachers skills. The problems faced by mathematical education within the context of STEM are highlighted. The underestimation of the role of mathematics as an essential component of the STEM flow is proved. The mathematics significance to develop competent STEM specialists is demonstrated. It is proved that mathematical literacy is the basis of STEM education, especially in the context of global digitalization. Some ways have been proposed to increase the mathematics importance in an integrated STEM context. A vision of the STEM approach is proposed through two key components (integration of subject content with the leading role of mathematics and the project approach) within the regional project «STEM education in the learning mathematics process». Attention is drawn to the relevant research on the STEM topic. Organization of learning activities are outlined: integrated classes, lessons aimed at establishing intersubject connections, educational projects, plain-air lessons and various tasks such as drawing up a mathematical model of the problem, integrated academic subjects, practice-oriented tasks, laboratory and graphic works.

Keywords: *mathematics; project; relevance; synergy; PISA; STEM-education.*

REFERENCES

1. Balyk, N., Barna, O., Shmyger, G., & Oleksiuk, V. (Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. (n.d.). Retrieved from: <http://>

ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf (eng).

2. Buturlina, O., Lysokolenko, T. & Dovgal, S. (2019). Reflexion of STEM Implementation in Ukraine (eng).

3. Carnevale, A. P., Melton, M. & Smith, N. (2014). Stem: Science Technology Engineering Mathematics. Retrieved from: <https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/stem-execsum.pdf> (eng).

4. Chernomorets, V. V., Vasylenko, I. V., & Kovalenko, M. V. (2020). Development STEM-education in Ukraine (according to the results of the Research «the state of development stem-education in Ukraine») DOI: <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2020-19-08> (eng).

5. English, L. D., & Kirshner, D. (2015). Changing agendas in international research in mathematics education. In L. D. English, & D. Kirshner (Eds.). Handbook of international research in mathematics education. New York: Routledge (eng).

6. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington: National Academies Press (eng).

7. Jang, H. (2015). Identifying 21st Century STEM Competencies Using WORKPLACE DATA. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1> (eng).

8. Klymenko, L. O. (2016). Udoskonalennia navychok uchytelia-pryrodnychnyka z uprovozhdzhennia v navchnyi protses metodiv piznannia pryrody (u mezhakh STEM-osvity) [Improving the skills of a teacher-naturalist to implement in the educational process of methods of knowledge of nature (within STEM-education)]. Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka». *Molodyi vchenyi*, 10 (37), 244–248 (ukr).

9. Kramarenko, T. H. & Pylypenko, O. S. (2018). Problemy pidhotovky uchytelia do vprovadzhennia elementiv STEM-navchannia matematyky [Problems of Preparation of Teacher for Implementation of Elements STEM-Teaching Mathematics]. *Physical and mathematical education*, 4 (18), 90–95. Retrieved from: http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/3382/1/2018_4-18-Kramarenko_Pylypenko_FMO.pdf. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-018-4-014> (ukr).

10. Lavicza Z., Prodromou T., Juhos I., Koren B., Fenyvesi K., Hohenwarter M., Diego-Mantecon J. M. (2022). The Need for Educational Research on Technology: Trends and Examples. *Int. J. Technol. Math.* (eng).

11. Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B. & Roberts, K. (2013). STEM: Country comparisons. Melbourne: Australian Council of Learned Academies (eng).

12. Mathematics Standards, (2010). Common Core State Standards for Mathematics. Retrieved from: http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Standards1.pdf (eng).

13. Metodychni rekomendatsii shchodo rozvytku STEM-osvity u zakladakh zahalnoi serednoi ta pozashkilnoi osvity u 2022/2023 navchalnomu rotsi // Lyst IMZO vid 22.08.2019 № 22.1/10-2876 [Methodological recommendations for the development of STEM education in institutions of general secondary and out-of-school education in the 2022/2023 academic year // Letter of the IMZO dated August 15, 2022 № 22.1/10-1080]. Retrieved from: <https://drive.google.com/file/d/1qFKDLtKedITvap63HJFToyQWw7KONFuN/view> (ukr).

14. Metodychni rekomendatsii shchodo rozvytku STEM-osvity u zakladakh zahalnoi serednoi ta pozashkilnoi osvity u 2019/2020 navchalnomu rotsi // Lyst IMZO vid 22.08.2019 № 22.1/10-2876 [Methodological recommendations for the development of STEM education in institutions of general secondary and out-of-school education in the 2019/2020 academic year // Letter of IMZO dated August 22, 2019 № 22.1/10-287]. Retrieved from: <https://drive.google.com/file/d/1jF4z8ADQGX59abukBq8N5JRi8Vd4AmvI/view> (ukr).

15. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig,

G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel & M. Cardella (Eds.). *Engineering in pre-college settings: Research into practice* (pp. 35–60). West Lafayette, IN: Purdue University Press (eng).

16. OECD (2013). PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. OECD Publishing http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf (eng).

17. Oz, E., & Kloser, M. (2021). Middle school students' motivational dispositions and STEM career attitudes. Paper presented at the 2021 Annual Meeting of the American Educational Research Association [Virtual Conference] (eng).

18. Papadakis, S. (2016). Creativity and innovation in European EDUCATIO. 10 years ETWINNING. past, present and the future. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 1. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijtel.2016.10001503> (eng).

19. Pohromska, H. S., & Makhrovska, N. A., (2019). Tekhnolohiia realizatsii maister-klasu z informatyky u ramkakh STEM-oriientovanoho pidkhodu do navchannia [The technology of implementing a computer science master class within the framework of a STEM-oriented approach to education]. *Aktualni pytannia suchasnoi informatyky: Suchasni informatsiini tekhnolohii v osviti ta nautsi*. Zhytomyr: ZhDU, 74–77 (ukr).

20. Rehionalnyi proiekt «Vprovadzhennia STEM-osvity v osvitnii protses z matematyky» / Sait «Matematyka u tsyfrovomu suspilstvi» [Regional project «Introduction of STEM education in the educational process of mathematics» [Electronic resource] / Site «Mathematics in a digital society»]. Retrieved from: <https://cutt.ly/jClgUwN> (ukr).

21. Shymkova, I., Tsvilyk, S. & Harkushevskiy, V. (2019). Modernizatsiia profesiinoi ta tekhnolohichnoi pidhotovky maibutnikh pedahohiv u konteksti rozvytku STEM-osvity [Modernization of professional and technological training of future teachers in the context of the development of STEM education]. *Problemy pidhotovky suchasnoho vchytelia*, 1 (19), 152–159. DOI: <https://doi.org/10.31499/2307-4914.19.2019.174022> (ukr).

22. STEM Partnerships Forum Report: Response. (2019). / Carlton South Vic: Education Council. Retrieved from: <https://fddocuments.in/document/stem-partnerships-forum-report-response-education-for-their-school-education-system.html?page=1> (eng).

23. STEM Task Force Report, (2014). *Innovate: A blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California public education*. Dublin, California: Californians Dedicated to Education Foundation (eng).

24. The Next Generation Science Standard, (2013). Retrieved from: <https://www.nextgenscience.org/get-to-know> (eng).

25. Thompson, S., Hillman, K. & De Bortoli, L. (2013). *A teacher's guide to PISA mathematical literacy*. Melbourne: Australian Council for Educational Research (eng).