

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>



Андрієвська М.Ю., Михайленко Л.Ф. Роль математики як навчальної дисципліни у розвитку STEM-освіти. Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 3(25). Частина 1. С. 25-31.

Andriievskaya M., Mykhailenko L. The role of mathematics as a teaching discipline in the development of stem education. Physical and Mathematical Education. 2020. Issue 3(25). Part 1. P. 25-31.

DOI 10.31110/2413-1571-2020-025-3-004
УДК 372.851

М.Ю. Андрієвська
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
marinkaandrievska@gmail.com

Л.Ф. Михайленко
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
mikhailenkolf@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5051-5561

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ ЯК НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ У РОЗВИТКУ STEM-ОСВІТИ

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми На етапі модернізації освіти для задоволення запитів суспільства на наукоємну освіту, формування актуальних на ринку праці компетентностей, визначено пріоритетність розвитку STEM-освіти. У статті з'ясовується роль і зміст математики як навчальної дисципліни у розвитку STEM-освіти. Мета статті: на основі сучасних публікацій з'ясувати: 1) у STEM-навчанні математика є засобом розв'язування прикладних задач чи математика є складовою міжпредметної інтеграції? 2) як зміст шкільного курсу математики має відрізнитись від математичного змісту, що включений у міжпредметні навчальні програми STEM?

Матеріали і методи. У процесі дослідження використовувались порівняльний аналіз різних авторських підходів, систематизація та узагальнення досвіду вітчизняних та зарубіжних науковців стосовно визначення змісту математичної складової STEM-навчання.

Результати. Вважаємо, що крім інтегративного досвіду, що поєднує дисципліни STEM, учням потрібен міцний математичний фундамент, щоб досягти успіху в галузях STEM та осмислити теми, що стосуються STEM, у своєму повсякденному житті. Таким чином, будь-яка програма STEM (включаючи позашкільну діяльність) повинна доповнювати зміст навчальної програми з математики, оскільки математика є основою у STEM-навчанні. STEM має містити математичний, науковий компоненти та багато можливостей використовувати математичне та логічне мислення, міркування та моделювання в різних дисциплінах для вирішення реальних проблем, які стосуються STEM дисциплін. Таким чином, математика є навчальною дисципліною, що об'єднує всі STEM дисципліни.

Висновки. У результаті вивченого досвіду запровадження STEM-освіти, можемо стверджувати, що більшість науковців вважають, що математика є основою у STEM-навчанні. Варто створити STEM програму, у якій будуть виділені основні теми та зазначено, формування яких компетентностей передбачається. Доцільною буде методична розробка на допомогу вчителям щодо провадження STEM-навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: STEM-освіта; STEM-дисципліни, математика, математична компетентність учнів, природничо-математична освіта.

ВСТУП

Постановка проблеми. У межах реформування шкільної освіти в Україні, визначено пріоритетність розвитку STEM-освіти. Про це свідчать розробка Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р.); створення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні (Наказ МОН від 29.02.2016 №188); активна робота науковців відділу STEM-освіти Інституту модернізації змісту освіти, створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру; розробка інноваційного проекту «STEM-школа» (Сайт Інституту модернізації змісту освіти). Дослідниками Інституту модернізації змісту освіти проводяться різноманітні конференції, вебінари, конкурси тощо, а також опубліковуються щорічні методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти, підготовлено анований каталог «STEM-освіта: проблеми та перспективи» у якому подано нормативно-правову базу впровадження STEM-освіти; перелік науково-практичних публікацій, що висвітлюють результати теоретичних і експериментальних досліджень у галузі

STEM-освіти; каталог навчально-методичної літератури; рекомендовані мережеві ресурси для підтримки науково-дослідницької діяльності учнів (<https://drive.google.com/file/d/1Aje34MfR8VeBXo13taYJY-jtDByQYHf4/view>). «Запровадження STEM-освіти не тільки дозволить вчителям наочніше пояснювати необхідний матеріал, а й допоможе учням ще зі шкільної парти вчитися критичному мисленню та вдало комбінувати отримані знання для вирішення реальних життєвих ситуацій. Адже одними із основних компетентностей школярів є навички логічного і математичного мислення та наукове розуміння природи і сучасних технологій. Ми прагнемо, щоб науково-технічні, математичні, інженерні професії стали знову популярними, а цю популярність потрібно розвивати із отриманих знань у школі», – зазначив т.в.о. Міністра освіти і науки Сергій Шкарлет (<https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-koncepciyu-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku>).

Головні напрями сучасних науково-методичних розробок, це впровадження STEM-підходів під час вивчення предметів природничо-математичного циклу, використання проєктно-дослідної діяльності, технологій, необхідних для реалізації дидактичних принципів Нової української школи та формування у школярів ключових компетентностей XXI століття (<https://imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/>). Також, звертається увага на важливість ролі математики в інтегративному вивченні STEM-дисциплін (Science – наука, Technology – технології, Engineering – інженерія, Mathematics – математика). Зокрема зазначається що, вміння застосовувати знання на практиці є ознакою успішної нації; у 21 столітті вплив технологій та доступність інформації формує вміння учнів шукати творчі рішення складних проблем; члени суспільства, якщо вони хочуть робити усвідомлений вибір для себе, своєї родини та своїх громад, повинні бути кількісно грамотними та мати розуміння кількісних, наукових та технологічних питань, що виходять далеко за межі однієї конкретної дисципліни, (наприклад, все частіше люди стикаються із складними питаннями, що стосуються економіки та оподаткування, охорони здоров'я та поширення хвороб, фондової біржі та міжнародної поведінки тощо); математика сьогодні все більше потребує розуміння світу та повноцінного залучення до демократичного суспільства (наприклад, друковані та інтернет засоби масової інформації засипають читачів інформацією в числових та статистичних формах тощо) (<https://www.nctm.org>). Отже, сучасному вчителю математики, майбутньому вчителю математики основної та старшої школи важливо зрозуміти роль математики, як навчальної дисципліни у розвитку STEM-освіти. Вважаємо, що кожен вчитель математики зобов'язаний бути прихильником STEM-освіти, оскільки STEM-освіта – це популяризація математичної освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проводячи аналіз літературних джерел, можна стверджувати, що: у методичній літературі чітко розмежовують поняття STEM-освіта, STEM-навчання, STEM-підхід (Ботузова, 2018); в переважній більшості реалізація STEM-навчання відбувається через мультидисциплінарний підхід, або міжпредметну інтеграцію. В Україні питання впровадження STEM-технологій на уроках математики, розкривали у своїх працях Ботузова Ю.В., Васильєва Д.В., Вяткіна Н.Б., Журавель Т.О., Сотнікова Н. П. та інші.

У Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) відбувається вживання терміну «природничо-математична освіта» як синоніму терміну «STEM-освіта». Зокрема, вказано «природничо-математична освіта (STEM-освіта) — цілісна система природничої і 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». У обговоренні проєкту Ірина Єгорченко зазначила: «Мені б дуже не хотілося, щоб освіту в галузі природничих та фізико-математичних наук перетворили на щось інтегроване, з проєктами з готових конструкторів та за готовими шаблонами — але без розвитку та праці. Кілька років тому ми протестували проти бездумної інтеграції природничої освіти — без підготовлених учителів, без необхідної бази в дітей, з мотивацією органів освіти нав'язати простіші, дешевші псевдогуманітарні «профілі», позбавивши дітей вибору подальшого шляху. Концепція STEM-освіти може створити ризик не просто перетворення природничих наук на загальні розмови, з псевдонауковими вкрапленнями, до яких схильні не дуже компетентні вчителі та автори підручників, а й заміни такими розмовами вивчення навіть базової математики. Інтеграція і міжпредметні зв'язки — це чудово. Але тільки на базі ґрунтового навчання» (Єгорченко, 2020).

За кордоном є низка професійних журналів присвячених STEM-освіті (Journal for STEM Education Research; International Journal of STEM Education та багато інших) та публікується багато книг (Duran, et al., 2016; Capraro, et al., 2013; Hsu & Yeh, 2019; Sahin, 2015; Wilhelm, 2019). У них описані різні моделі того як може проваджуватися інтеграція STEM дисциплін, також описані основні проблеми, недоліки та переваги впровадження STEM-навчання (Li, Froyd & Wang, 2019). Зарубіжні публікації можна умовно поділити за такими напрямками: підготовка та професійний розвиток вчителів для реалізації STEM навчання; навчальне STEM середовище для навчання учнів основної та старшої школи; організація STEM навчання (навчальні плани, оцінювання, мотивація тощо); культурні, соціальні та гендерні питання в освіті STEM; історія, ґносеологія та перспективи щодо STEM та STEM освіти.

Відсутність або неузгодженість шкільних програм STEM сприяє недостатньому розумінню що таке STEM і що програми STEM повинні включати. Також немає однозначної думки щодо ролі математики у STEM.

Мета статті: на основі сучасних публікацій з'ясувати: 1) у STEM-навчанні математика є засобом розв'язання прикладних задач чи математика є складовою міжпредметної інтеграції? 2) як зміст шкільного курсу математики має відрізнятися від математичного змісту, що включений у міжпредметні навчальні програми STEM?

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження використовувались порівняльний аналіз різних авторських підходів, систематизація та узагальнення досвіду вітчизняних та зарубіжних науковців стосовно визначення змісту математичної складової STEM-навчання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У багатьох провідних країнах світу спостерігається тенденція зниження рівня навчальних досягнень з математики та природничих дисциплін. Зусилля, спрямовані на вдосконалення вивчення STEM дисциплін, у певній мірі підвищують успішність учнів та інтерес до вивчення STEM. У програмі STEM, математика та наука відіграють іншу роль, ніж технологія та інженерія, оскільки математика та наука є шкільними предметами, які повинні добре викладатися як для всебічної освіти, так і як основи для будь-якої ініціативи STEM. Під час включення математики до складу програми STEM важливо забезпечити відповідність математики за змістом, а також за віковими особливостями розвитку мислення учнів (Larson, 2017). Однозначної відповіді на питання який математичний зміст має переважати, ми не знайшли ні у вітчизняних, ні у зарубіжних публікаціях. Проте, ці питання цікавлять багатьох науковців, вчителів математики, та їх думки розділяються. У Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) відзначено, що запровадження природничо-математичної освіти (STEM-освіти) вимагає від педагогічних та науково-педагогічних працівників активного використання новітніх педагогічних підходів до викладання та оцінювання, інновацій у сфері освіти, практики міжпредметного навчання, методів та засобів навчання, що сприяють розвитку дослідницьких та винахідницьких компетентностей здобувачів освіти; реалізація STEM-навчання в позакласній та позашкільній освіті з метою формування стійкого інтересу до природничо-математичних предметів; залучення до дослідництва, винахідництва, проєктної діяльності має дозволити збільшити частку тих, хто прагне стати інженером, вченим, дослідником.

Існує низка проблем пов'язаних із освітою STEM, зокрема, як саме вона визначається та впроваджується на рівні районів, шкіл та класів. Нами було проведено опитування молодих вчителів математики Вінниччини щодо особливостей організації STEM-навчання в їхній школі або районі. Практично всі визнали що така програма відсутня. Паралельно до державних шкіл, існують приватні STEM-школи, де учні розробляють проєкти, вивчають роботехніку, програмування, але не в змозі глибоко розуміти математичні знання. Також в Україні є заклади освіти, які успішно практикують STEM-освіту, зокрема, Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ». Юрій Киричов (директор ліцею) повідомляє: «У ліцеї ми реалізуємо STEM-освіту вже 3 роки. Поєднання академічних і практичних знань на сьогодні є затребуваним. Вивчати не лише теорію, а бачити, як це використовується в різних галузях. Потрібно розуміти, для чого навчатися. Як результат — наші ліцеїсти мають велику кількість наукових розробок. Ми подали заявку на атестування нашого закладу як наукового ліцею. Тому запровадження STEM-освіти є правильним і актуальним. І найголовніше – молодь готова і прагне отримувати глибокі, фундаментальні природничо-математичні знання» (<https://kpi.ua/2020-stem>).

ОБГОВОРЕННЯ

Серед українських науковців-математиків, викладачів методичних дисциплін та вчителів математики не має єдиної думки щодо змісту, організації та реалізації STEM-освіти. Схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) викликало різні міркування, зауваження, проте всі одноголосні у схваленні появи цього документу. Світова освітня практика нині демонструє ефективність, дієвість і практичну придатність STEM-підходу у формуванні компетентностей. Аналіз існуючих світових освітніх практик дозволяє стверджувати, що STEM-підхід в освіті ґрунтується на конструюванні окремих дидактичних елементів на міждисциплінарних засадах – інтегроване навчання відповідно до певних тем, а не окремих дисциплін.

Багато вчителів математики, педагогів погоджуються із заявою президента NCTM (Національна рада вчителів математики (США) Метта Ларсона, про те що математична освіта – це і є STEM освіта (Larson, 2017). Метт Ларсон у блозі NCTM написав: «... я часто чую, як хтось заявляє: «Мені потрібна програма STEM, яка ґрунтується на шкільній алгебрі». Я б стверджував, що якісний курс алгебри вже є програмою STEM. Запит на програму «ґрунтується на шкільній алгебрі» визначається переконанням, що інтеграція є визначальною характеристикою програми STEM. Натомість, я вважаю, що більш відповідним запитом було б шукати програму з високоякісної алгебри, яка підтримує STEM за допомогою підключення до відповідних програм та інтеграції технологій. Якщо в «STEM-програмі» математика не знаходиться на рівні класу, або якщо математика не розглядається концептуально, а скоріше як процедурний інструмент для вирішення різних нерозбірливих додатків, або якщо математика не розроблена в межах узгодженого математичного розвитку навчання, тоді «програма STEM» не відповідає принциповим вимогам. ... Принцип проєктування ефективної програми STEM, який буде розуміння математики, якраз такий: це програма, призначена для розробки змісту та практик, що характеризують ефективні програми з математики, зберігаючи цілісність математики. Міжпредметні зв'язки та відповідна інтеграція технологій, – лише засоби, що дозволяють учням частково засвоювати важливі теоретичні математичні знання та формують впевненість у своїй здатності використовувати математику у повсякденному житті». У іншому випадку, на думку М. Ларсона, позбавимо наших учнів їх майбутніх можливостей і, нарешті, не зможемо побудувати математичний фундамент необхідний для результатів STEM, які передбачають розробники політики. Переважна більшість вчителів математики США, погоджуються із думкою, що математика має викладатись послідовно і ґрунтовно. І є ризик, що STEM-навчання може призвести до погіршення якості математичної освіти.

Також існує протилежна думка, наприклад Ігор Чарищак (президент CLIME (Ради з технологій в галузі математичної освіти) – прихильної групи NCTM, членом декількох комітетів з технологій NCTM і член комітету з технологій для Асоціації вчителів математики Нью-Джерсі (AMTNJ), вважає, що насправді STEM – це інтеграція цих 4 областей та ЗАСТОСУВАННЯ математики до інших 3 предметів; наприклад, побудова мостів і роботів з програмуванням. Виконання традиційної загальної програми з математики не піддається проєктам, які є серцем і душею STEM-освіти. Він переконаний, що міркування М. Ларсона, викликає у вчителів математики питання як робити STEM-проєкти «правильно», тому вони, ймовірно, навіть не спробують їх зробити.

Національна рада вчителів математики розкриває (сайт NCTM, <https://www.nctm.org>) важливість STEM у навчанні основної та старшої школи, та визначає істотну роль математики в інтегративному підході реалізації STEM-освіти. Зокрема, зазначають, що учням для інтегративного вивчення дисциплін STEM, необхідний міцний математичний фундамент, щоб

досягти успіху в галузях STEM та осмислити теми, що стосуються STEM, у своєму повсякденному житті. Таким чином, будь-яка програма STEM (включаючи позашкільну діяльність) повинна підтримувати та вдосконалювати зміст шкільної математичної програми, гарантуючи, що навчальний час з математики не буде порушений. Добре розроблена та ефективна програма STEM має мати сильний математичний компонент, сильний науковий компонент та багато можливостей використовувати математичне та наукове мислення, міркування та моделювання в різних дисциплінах для вирішення реальних проблем, які стосуються будь-якого або всіх STEM дисциплін. Таким чином, математика як дисципліна, а також як інтегративна діяльність, що об'єднує всі STEM дисципліни, повинна бути частиною будь-якої програми STEM (сайт NCTM <https://www.nctm.org>).

Національна рада нагляду з математики та Національна рада вчителів математики (<https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Position-Statements/Building-STEM-Education-on-a-Sound-Mathematical-Foundation/>) пропонують низку рекомендацій для вчителів математики. Перерахуємо деякі з них:

- щоразу, коли тема шкільного курсу математики включена в STEM-діяльність, переконайтеся, що зміст відповідає відповідному класу, і що вона викладається способами, що підтримують розвиток математичного мислення та обчислювальні навички;

- розробляючи дидактичні матеріали з математики, шукайте можливості інтегрувати науку, технологію та інженерію осмисленими способами як програми для математики при вирішенні завдань у відповідних умовах;

- кожного разу, коли діяльність STEM не повністю відповідає змісту шкільної програми з математики, шукайте способи, які можуть підтримувати загальний розвиток вирішення проблеми, критичного мислення, академічну цікавість;

- пропонуючи STEM-діяльність у позакласний час, визнайте, що діяльність повинна бути не тільки веселою та захоплюючою, але й повинна бути пов'язана з навчальними цілями та ґрунтуватися на практичному та реалістичному розумінні того, що бере участь у пошуку інтересу до теми та чи задіяна математика;

- коли це можливо, узгоджуйте програми та заходи позашкільної програми STEM з шкільними навчальними програмами.

Колектив авторів Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R. et al. (2019) у статті «Роль математики в міждисциплінарній STEM освіті» аргументували, що математика є основою всіх інших дисциплін STEM. У цій статті вивчено роль математики в STEM-освіті та з'ясовано міждисциплінарні підходи: формування навичок двадцять першого століття; широке використання математичного моделювання; освіта відповідального громадянина.

Питання змісту STEM освіти широко обговорюють у різноманітних освітніх виданнях, зокрема і журналах присвячених математичній освіті. Наприклад, у дослідженні проведеному Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C. et al. (2017), розкрито питання про те, як математична освіта могла б підготувати учнів до суспільства майбутнього. Визнаючи широке прагнення розвитку STEM-освіти на майбутнє, автори виділили перелік пропозицій, які частково базуються на їхньому дослідженні та опрацьованій ними літературі.

- Навички XXI століття повинні бути сприйняті як цілі навчання математики на майбутнє, враховуючи, що особливу увагу у навчанні математики доведеться приділяти специфічним формам аргументації та спілкування.

- Підготовка учнів до використання математичних знань на робочому місці – одна з цілей навчання математики. Важливе використання завдань, що нагадують справжні проблеми на робочому місці, пов'язані із математикою.

- Цифровізація суспільства XXI століття потребує зосередження уваги на формуванні математичних компетентностей, які доповнюють роботу комп'ютерів. Це вказує на моделювання та застосування як цілі для навчання математики.

- Важливий елемент компетентностей, що доповнюють роботу комп'ютерів, стосується розуміння математики, яка лежить в основі математичних процесів, які беруть на себе комп'ютери. Тут потрібно концептуальне розуміння на загальному рівні; учні повинні зіткнутися з ключовими ідеями, що лежать в основі відповідної математики. Це ставить питання про те, як досягти такого розуміння. Більш конкретно, скільки і які рутинні навички потрібні для досягнення більш складних цілей? І як спеціальні програми можуть полегшити цей процес?

- Вибір навичок XXI століття та концептуальне розуміння на високому рівні вимагає значних зусиль щодо професіоналізації викладача, розробки навчальних програм та тестового дизайну. Ми повинні вкласти це в широку громадську підтримку та усвідомлення необхідності підготовки учнів до епохи цифрових технологій.

- Загальна освіта повинна закласти основу для найрізноманітніших рівнів і видів роботи. Ми б стверджували, що увага повинна бути зосереджена на фундаментальній освіті. Цифровізація впливає на збільшення вимог до базових знань і вмінь робітників, а також на потребу того, щоб учні, які можуть покинути школу в ранньому віці, отримали ґрунтовну підготовку для професійної діяльності. Подальша освіта може піклуватися про спеціалізацію, але що важливіше, світ праці змінюється настільки швидко, що конкретні навички можуть швидко втратити своє значення.

У цій статті авторами виділені, на їх думку, основні теми з математики для STEM.

1. Автори вказують на необхідність глибокого розуміння процесу кількісної оцінки реальності, включаючи усвідомлення того, що кількісна оцінка реальності відбувається зі зменшенням інформації, і що кількісне визначення в деяких випадках навіть може призвести до безглузвих цифр. Розуміння процесу кількісної оцінки дійсності вимагає широкого розуміння вимірювань та заходів, що містять поняття невизначеності та повторного вимірювання, середнього значення та помилки вимірювання. Такі поняття, як створення бази даних та вибірка даних, виходять на перший план.

2. Значна частина інформації в нашому суспільстві – це статистична інформація, і ми можемо вказати на «великі дані». Тому люди потребують базового розуміння статистичної обробки та аналізу, що отримало назву статистичної грамотності.

3. Просторова геометрія, як наслідок зростаючої ролі 3D-зображень та 3D-друку. Серед найбільш актуальних тем це вимірювання, збір даних, змінні та співзміни, читання та інтерпретація даних, графіків та діаграм.

4. Програмне забезпечення, вбудоване в комп'ютеризований апарат, матиме характер математичних моделей реальності, які будуть складатися із систем взаємопов'язаних математичних відносин. Таким чином, люди потребують розуміння змінних, коваріації та функцій.

5. Для формування вмінь учнів обчислювати величини потрібні не тільки загальні знання, такі як площа, довжина, вага, час, гроші тощо, але й такі, як вологість, повітряний тиск, темпи приросту населення та прибутки компаній тощо. Важливою є математична інтерпретація масової інформації, яка вимагає визнання, інтерпретації та створення моделей, функцій, і відношень, з допомогою таких інструментів, як таблиці, графіки, символи, функції і відношення між змінними вважаються необхідними для розуміння економічного, політичного та соціального аналізів.

6. Повсюдна роль статистики в цифровому суспільстві вимагає можливості мати справу з даними та шансами, що охоплює великі ідеї, такі як мінливість, вибірки, помилки, прогнозування та відмінність між сигналом та шумом. Пов'язані аспекти – це збір даних та відображення даних (графіки, таблиці частот та кругові діаграми) як організми ростуть, популяції змінюються, ціни коливаються, а швидкість подорожі може змінюватися. Також може знадобитися увага до темпів зміни, як, наприклад, у контексті складних відсотків.

У статті (Bergsten & Frejd, 2019) піднімається питання про те, як підготувати вчителів з математики, щоб допомогти їхнім учням отримати навички двадцять першого століття. Це дослідження із загальною метою вивчити потенційні переваги та недоліки математики як основи STEM педагогіки з точки зору навичок двадцять першого століття, шляхом розробки навчального семінару STEM для вчителів математики. Діяльність пропозицій включала декілька характеристик STEM-освіти, визначених у дослідницькій літературі, спрямованої на спонукання учнів до вивчення природничих наук та математики шляхом використання реальних ситуацій та інноваційних технологій шляхом проблемного та проєктного навчання. Математичне моделювання разом з програмуванням було включено до більшості уроків, що пропонувалися. Також було відмічено, що математику в цьому контексті можна розглядати в основному як обслуговуючий предмет, оскільки питання про можливий внесок інших предметів STEM на навчання математики не піднімається. Це, у свою чергу, породжує критичну дискусію щодо впливу такої навчальної практики саме на навчання математики. У результаті даного дослідження, вчителями виділено 19 тем STEM-діяльності, для кожної з них вказано дисципліни що входять до STEM, розкрито математичні знання, які формуються при вивченні цих тем, та виділено, які навички XXI століття можуть сформуватися. Серед тем STEM-діяльності є: дослідження тиску води в басейні; дослідження руху снаряду; дослідження споживання енергії побутової техніки; швидкість охолодження води в різних ємностях; перетворення вимірювань; АЕС як джерело енергії; розклад поїздів тощо.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивчаючи вітчизняний та зарубіжний досвід запровадження STEM-освіти, можемо стверджувати, що більшість науковців вважають, що математика є основою у STEM-навчанні. Варто створити STEM програму, у якій будуть виділені основні теми та зазначено, формування яких компетентностей передбачається. Доцільною буде методична розробка на допомогу вчителям щодо провадження STEM-навчання. Важливим дослідженням на доповнення даної теми є підготовка та професійний розвиток вчителів для реалізації STEM навчання. Вчителі, які викладають STEM-дисципліни інтегративно, мають бути спеціально підготовленими, оскільки навчання на основі проблем реального життя, часто вимагає належних знань у природничій галузі та в педагогіці, тобто мають бути розроблені окремі освітні програми.

Список використаних джерел

1. Bergsten, C. & Frejd, P. ZDM Mathematics Education (2019) 51: 941. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7>
2. Building STEM Education on a Sound Mathematical Foundation. URL: <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Position-Statements/Building-STEM-Education-on-a-Sound-Mathematical-Foundation/> (дата звернення 20.08.2020)
3. Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) STEM Project-Based Learning. SensePublishers, Rotterdam, 2013. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_6
4. Duran M., Höft M., Medjahed B., Lawson D., Orady E. (eds) (2016). STEM Learning. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26179-9_3
5. Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C. et al. What Mathematics Education May Prepare Students for the Society of the Future?. Int J of Sci and Math Educ 15, 105–123 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>
6. Hsu YS., Yeh YF. (eds) Asia-Pacific STEM Teaching Practices. Springer, Singapore, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0768-7_2
7. Larson Matt Math Education Is STEM Education! 2017. URL: <https://www.nctm.org/News-and-Calendar/Messages-from-the-President/Archive/Matt-Larson/Math-Education-Is-STEM-Education!/> (дата звернення 20.12.2019).
8. Li, Y., Froyd, J.E. & Wang, K. Learning about research and readership development in STEM education: a systematic analysis of the journal's publications from 2014 to 2018. IJ STEM Ed 6, 19 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0176-1>
9. Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R. et al. ZDM Mathematics Education (2019) 51: 869. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
10. Sahin A. (eds) A Practice-based Model of STEM Teaching. SensePublishers, Rotterdam, 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2>
11. Wilhelm J., Wilhelm R., Cole M. *Creating Project-Based STEM Environments*. Springer, Cham. 2019, 219 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04952-2_2
12. Ботузова Ю.В. Динамічні моделі geogebra на уроках математики як основа STEM-підходу. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 3(17). С. 31-35. DOI 10.31110/2413-1571-2018-017-3-005

13. Всеукраїнський інноваційний проєкт «STEM-школа» URL: <https://drive.google.com/file/d/1i1FhhZCN0jOtYugTKOEnTTtV5mphkWQ9/view> (дата звернення 20.12.2019).
14. Егорченко І. Природничо-математична освіта: плани та мрії. 17 червня, 2020. URL: https://zn.ua/ukr/EDUCATION/prirodnycho-matematichna-osvita-plani-ta-mriyi-351240_.html (дата звернення 20.08.2020)
15. Журнал для STEM освіти досліджень. URL: <https://rd.springer.com/journal/41979> (дата звернення 20.12.2019).
16. Концепція STEM: майбутнє – за природничо-математичною освітою. URL: <https://kpi.ua/2020-stem> (дата звернення 20.08.2020)
17. Міжнародний журнал STEM освіти. URL: <https://rd.springer.com/journal/40594> (дата звернення 20.12.2019).
18. Наказ МОН від 29.02.2016 №188 “Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні” URL: <https://imzo.gov.ua/2016/02/29/nakaz-mon-vid-29-02-2016-188-pro-utvorennya-robochoyi-grupi-z-pitan-vprovadzhennta-stem-osviti-v-ukrayini/> (дата звернення 20.12.2019).
19. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#n8> (дата звернення 20.08.2020)
20. Сайт Інституту модернізації змісту освіти URL: <https://imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/> (дата звернення 20.12.2019)
21. Уряд ухвалив концепцію розвитку stem-освіти до 2027 року Опубліковано 06 серпня 2020 року. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-konceptsiyu-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku> (дата звернення 20.08.2020)

References

1. Bergsten, C. & Frejd, P. (2019) *ZDM Mathematics Education* 51: 941. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7>
2. Building STEM Education on a Sound Mathematical Foundation. URL: <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Position-Statements/Building-STEM-Education-on-a-Sound-Mathematical-Foundation/>
3. Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) (2013). *STEM Project-Based Learning*. SensePublishers, Rotterdam,. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_6
4. Duran M., Höft M., Medjahed B., Lawson D., Orady E. (eds) (2016). *STEM Learning*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26179-9_3
5. Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C. et al. (2017) What Mathematics Education May Prepare Students for the Society of the Future?. *Int J of Sci and Math Educ* 15, 105–123. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>
6. Hsu YS., Yeh YF. (eds) (2019). *Asia-Pacific STEM Teaching Practices*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0768-7_2
7. Larson Matt Math Education Is STEM Education! (2017). URL: <https://www.nctm.org/News-and-Calendar/Messages-from-the-President/Archive/Matt-Larson/Math-Education-Is-STEM-Education!/>
8. Li, Y., Froyd, J.E. & Wang, K. (2019) Learning about research and readership development in STEM education: a systematic analysis of the journal’s publications from 2014 to 2018. *IJ STEM Ed* 6, 19. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0176-1>
9. Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R. et al. (2019). *ZDM Mathematics Education* 51: 869. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
10. Sahin A. (eds) (2015). *A Practice-based Model of STEM Teaching*. SensePublishers, Rotterdam. DOI <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2>
11. Wilhelm J., Wilhelm R., Cole M. (2019). *Creating Project-Based STEM Environments*. Springer, Cham, 219 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04952-2_2
12. Botuzova Yuliia. (2018). Geogebra Dynamic Models At The Mathematics Lessons As A Stem-Approach. *Physical and Mathematical. Education. Issue 3(17)*. P. 31-35. DOI 10.31110/2413-1571-2018-017-3-005
13. Vseukrainskyi innovatsiynyi proekt «STEM-shkola» [All-Ukrainian innovative project "STEM-school"] Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1i1FhhZCN0jOtYugTKOEnTTtV5mphkWQ9/view> [in Ukrainian].
14. Yehorchenko I.(2020) Pryrodnycho-matematychna osvita: plany ta mrii. [Natural and mathematical education: plans and dreams.] Retrieved from https://zn.ua/ukr/EDUCATION/prirodnycho-matematichna-osvita-plani-ta-mriyi-351240_.html [in Ukrainian].
15. Journal for STEM Education Research. Retrieved from <https://rd.springer.com/journal/41979>
16. Kontseptsiia STEM: maibutnie – za pryrodnycho-matematychnoi osvitou [STEM concept: the future lies in science and mathematics education] (n.d.). Retrieved from <https://kpi.ua/2020-stem> [in Ukrainian].
17. International Journal of STEM Education. Retrieved from <https://rd.springer.com/journal/40594>
18. Nakaz MON vid 29.02.2016 №188 “Pro utvorennia robochoi hrupy z pytan vprovadzhennta STEM-osvity v Ukraini”. [Order of the Ministry of Education and Science of February 29, 2016 №188 “On the establishment of a working group on the implementation of STEM education in Ukraine”]. Retrieved from <https://imzo.gov.ua/2016/02/29/nakaz-mon-vid-29-02-2016-188-pro-utvorennya-robochoyi-grupi-z-pitan-vprovadzhennta-stem-osviti-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
19. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity): Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 serpnia 2020 r. № 960-r. [On approval of the Concept of development of natural and mathematical education (STEM-education): Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 5, 2020 № 960-r.] Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#n8> [in Ukrainian].
20. Sait Instytutu modernizatsii zmistu osvity [Website of the Institute for Modernization of Educational Content] Retrieved from <https://imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/> [in Ukrainian].

21. Uriad ukhvalyv kontseptsiiu rozvytku stem-osvity do 2027 roku.(2020). [The government has approved a concept for the development of stem education until 2027] Retrieved from <https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-koncepciyu-rozvytku-stem-osviti-do-2027-roku> [in Ukrainian].

THE ROLE OF MATHEMATICS AS A TEACHING DISCIPLINE IN THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION

M.Iu. Andriievska, L.F. Mykhailenko

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine

Abstract. *At the stage of modernization of education to meet the demands of society for science-intensive education, the formation of relevant competencies in the labor market, the priority of STEM education is determined. The article clarifies the role and content of mathematics as a discipline in the development of STEM education.*

Problem formulation. *Based on modern publications to find out: 1) In STEM-teaching mathematics is a means of solving applied problems or mathematics is a component of interdisciplinary integration? 2) How should the content of the school mathematics course differ from the mathematical content included in the STEM interdisciplinary curricula?*

Materials and methods. *The study used a comparative analysis of different authorial approaches, systematization, and generalization of the experience of domestic and foreign scientists in determining the content of the mathematical component of STEM-learning.*

Results. *We believe that in addition to an integrative experience that combines STEM disciplines, students need a solid mathematical foundation to succeed in the fields of STEM and to understand STEM-related topics in their daily lives. Thus, any STEM program (including extracurricular activities) should support and improve the school's math curriculum, as mathematics is the foundation of STEM learning. STEM should contain mathematical, scientific components and many opportunities to use mathematical and logical thinking, reasoning, and modeling in different disciplines to solve real problems related to STEM disciplines. Thus, mathematics is an academic discipline, as well as an integrative activity that unites all STEM disciplines.*

Conclusions. *As a result of the experience of the introduction of STEM-education, we can say that most scientists believe that mathematics is the basis of STEM-learning. It is necessary to create a STEM program, which will highlight the main topics and indicate the formation of which competencies are expected. Methodical development will be expedient, to help teachers, to conduct STEM-training.*

Keywords: *STEM education; STEM-disciplines, mathematics, mathematical competence of students, science, and mathematics education.*