УДК 378.147

В. В. Красносєльський
І. В. Хом'юк

РОЛЬ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В STEM ОСВІТІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті висвітлено модель освіти в науці, техніці, інженерії та математиці (STEM) (Science, Technology, Engineering and Mathematics, яка) у більшості країн має на меті викладання природничих наук, математики, технологій та інженерії стосовно початкової, середньої школи та вищої освіти. Освіта STEM, яка має вплив у нашій країні в останні роки, відіграє важливу роль у набутті нових навичок, розвитку творчості, інновацій та підприємництва, здобутті можливостей переходу між професіями та адаптації до нових професій. В даний час очікується, що технології формуватимуть різні навички у фахівців, які працюватимуть у різних сферах, що швидко розвиваються. Різні навчальні стратегії відіграють головну роль в інтеграції та навчанні STEM, однією з яких є математичне моделювання. Визначено, що цикли математичного моделювання мають використовуватися в STEM-освіті на всіх її рівнях від початкової до вищої освіти.

Ключові слова: цикл математичного моделювання, математичне моделювання, STEM, реальні проблеми, стратегії навчання.

Abstract

The article highlights the science, technology, engineering, and mathematics (STEM) model of science, technology, engineering, and mathematics in most countries that aims to teach science, math, technology, and engineering in elementary, high school, and higher education. STEM education, which has been influential in our country in recent years, plays an important role in acquiring new skills, developing creativity, innovation and entrepreneurship, gaining opportunities to transition between professions and adapting to new professions. It is now expected that technologies will form different skills for professionals who will work in various emerging fields. Different educational strategies play a major role in STEM integration and learning, one of which is mathematical modeling. It has been determined that mathematical modeling cycles should be used in STEM education at all its levels from elementary to higher education.

Keywords: mathematical modeling cycle, mathematical modeling, STEM, real problems, learning strategies.

Вступ

Через складність матеріалу та проблеми його вивчення студенти вважають математику дуже абстрактною і бояться її. Таким чином, можуть виникнути труднощі з передачею інформації, засвоєної на занятті у повсякденне життя. Той факт, що навчальні середовища орієнтовані на викладачів та є однаковими, може бути однією з причин, через які студенти мають труднощі у впровадженні інформації у щоденне життя. У цьому сенсі предмети, що викладаються на курсах, мають викладатися різними викладачами-практиками, діяльність яких, має більш змістовний характер і пов'язана із повсякденним життям. Одним із таких напрямів діяльності є математичне моделювання, що показує взаємозв'язок знань із реальним життям та забезпечує застосування отриманої інформації з того чи іншого предмету до реального життя.

В Україні проблемою впровадження STEM-освіти займаються Інститут модернізації змісту освіти (відділ STEM-освіти) та НЦ «Мала академія наук України» (Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр). Питанням STEM-освіти присвячено праці таких українських педагогів, як: О. Патрикеєвої, Н. Поліхун, І. Черенцького та ін. У США питанням STEM-освіти займаються такі організації, як: Міністерство освіти США, Національний науковий Фонд, Смітсонівська установа, Комітет зі STEM-освіти Національної наукової та технологічної ради та інші. Серед авторів, які присвятили свої праці STEM-освіті США, можна визначити Г. Флейшман, Ф. Хеес, А. Келлі, О. Міск та інших.

Результати дослідження

Математичне моделювання передбачає складний процес, в якому проблема, що виникає в

реальному житті, формулюється математично і розв'язується за допомогою математичних моделей, а розв'язок інтерпретується та оцінюється в реальному світі [1]. У цьому процесі математика використовується для представлення, аналізу, прогнозування чи іншим чином осмислення реальних ситуацій [2]. При математичному моделюванні людина намагається створити математичну модель, яка вирішить проблему, що має місце в реальному житті або буде існувати у майбутньому. Розглянута модель включає не лише математичні структури, а й оцінки, припущення та стратегію розв'язку. Іншими словами, план розв'язку, що включає припущення, оцінки та математичні інструменти, що використовуються для розв'язання проблеми, є математичною моделлю. Крім математично правильної, модель має бути значущою та пристосованою до реального життя. Вирішуючи проблему, людина також має оцінити значення розв'язку для реального світу. Усі ці процеси та всі етапи розв'язання проблем, окрім індивідуальної моделі, є математичним моделюванням [3].

Наукова, технічна, інженерна та математична (STEM) освіта з'явилася в двадцять першому столітті; вона відіграє важливу роль у формуванні культурного та економічного розвитку, охоплює інновації, дбає про творчість та вирішення проблем. Завдяки перевагам STEM-освіти для розвитку країн докладаються інтенсивні зусилля для досягнення бажаного рівня між STEM та науковою освітою [4].

Бюро статистики праці США (2009) заявило, що 80% професій потребуватимуть технології у 2018 році, а 8,5 мільйона робочої сили знадобляться в дисциплінах STEM. Навчання STEM може допомогти студентам вирішити проблеми та стати інноваційними і технологічно грамотними громадянам. Оскільки суспільство стає все більш залежним від технології, інженерії та математики, стає все більш важливим, щоб студенти отримали інтегровану STEM освіту.

Через глобальні події у світі, що вимагають навичок мислення, необхідних для створення високо кваліфікованих фахівців у майбутньому, була впроваджена навчальна програма для міжшкільної освіти в школах. Спочатку впровадження STEM-тренінгу здійснювалося з проектами поза формальними заняттями. Тоді як у Фінляндії STEM-освіта інтегрована із прямими навчальними програмами.

Навчання STEM впроваджується у багатьох країнах світу (Корея, Японія, Німеччина, Китай тощо), особливо в США та в школах і університетах другого класу, починаючи з початкових шкіл.

Навчання STEM, засноване на інтеграції дисциплін, технологій, інженерії та математики, з'явилося в результаті зусиль інтеграції відокремлених частин у реальному контексті, оскільки, лише усунення та інтеграція меж між дисциплінами може зрозуміти та подолати складні проблеми, що виникають у реальному житті [5]. Завдання, орієнтоване на STEM, має на меті розв'язувати проблеми реального життя із застосуванням технологій та інженерних дисциплін, використовуючи наукові знання, що є продуктом основних наук. Для цього необхідно зняти межі між дисциплінами. Іншими словами, рівень STEM освіти може бути структурований в контексті реальних проблем, встановлюючи взаємозв'язок між дисциплінами та орієнтуючись на певну дисципліну.

Сьогодні у світі широко застосовуються як навчання, так і програми, пов'язані зі STEM. Коад підкреслює, що використання математики як засобу подання даних при його вивченні може призвести до дискредитації математики. Хоча математика є неминучим компонентом діяльності STEM, в цьому дослідженні також підкреслюється, що важливо оцінити математичний успіх та участь.

Одним з найважливіших інструментів переходу до STEM-освіти є математичне моделювання. Діяльність, що викликає модель – це застосування математичного моделювання. Програми математичного моделювання складаються з понять, пов'язаних з різними дисциплінами за своєю природою. У літературі немає єдиного визначення математичного моделювання. Натомість існують визначення, пояснення чи спільні припущення, зроблені окремими авторами. На думку Кайзера, математичне моделювання розглядається як творчий процес інтерпретації результатів та внесення змін до моделі з метою визначення, контролю або оптимізації ситуації з метою осмислення реальної ситуації [6].

Математичне моделювання, яке інтегроване в навчальні програми для студентів для розв'язання складних і надскладних проблем у реальному житті, змушують студентів будувати моделі та спонукають їх перевіряти свої створені моделі, а їх теоретична структура відома як різновид відкритої діяльності з розв'язанням проблем, заснована на перспективі математичного моделювання. Моделюючи той чи інший процес студенти чітко документують свої процеси, враховують їх

обмеження та використовують знання і математику у розв’язанні проблеми.

Одну з перших схем, представлену як підхід до математичного моделювання, розробив Блюм. Цикл математичного моделювання складається з реальної ситуації та реального світу, математичної моделі та результатів у двох паралельних розділах. У циклі вирішення проблем часто сприймається як орієнтир для реальної ситуації.

На думку Леша та Доера, саме основні елементи мають бути включені в цикл математичного моделювання. У математичному моделюванні є три основні елементи (рис. 1).

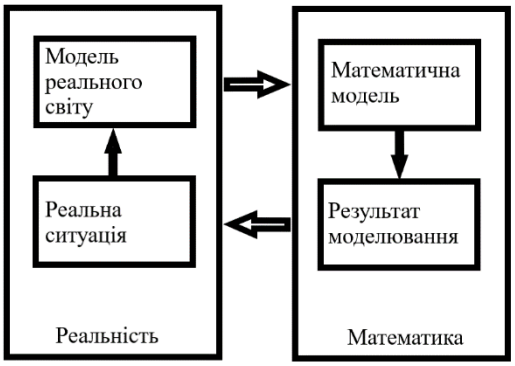

Рисунок 1 – Основні елементи математичного моделювання.

На їхню думку, у математичному моделюванні має бути розпочата проблема реального світу. Студенти, як правило, діють у рамках математики та логіки із ідеями, що передбачають математичні припущення та підходи. Тоді використовувана математика має бути точною, а також логічною (рис. 2).

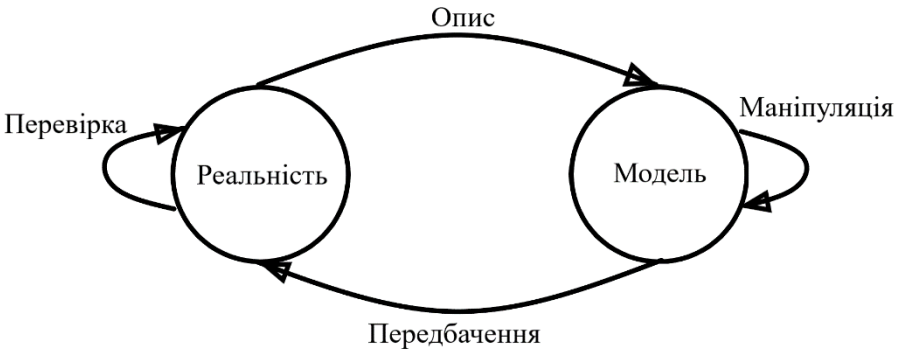

Рисунок 2 – Цикл моделювання Леша та Доера.

Цикл математичного моделювання, що зазвичай використовується в літературі, розроблений Блюмом та Лейсою. Як і в інших моделях, в цій моделі робиться відмінність між реальним світом і математикою. Необхідною умовою цієї моделі є те, що студентам слід зрозуміти математичну задачу та переконатися, що модель розроблена в реальному контексті. Хоча тут і не згадується, важливо пам’ятати, що процес моделювання проходить у природному циклі, що повторюється [7].

Ще одним важливим елементом є наявність основних питань, що виникають із проблеми реального світу в математичному циклі. Ці ключові питання можуть допомогти розв’язати та вивчити діяльність з математичного моделювання. Ключові питання також дуже важливі для вирішення проблеми. Ще одна особливість полягає в тому, що вона дозволяє людям зосередитись на цьому питанні. Це також може наблизити людей до своєї роботи або проблем. Цикл Перренета і Званевельда схожий на цикл Леша і Доерра, але він має деякі відмінності. Можна відмітити, що вони надають більше деталей, і підкреслюють три основні елементи математичного моделювання. У моделюванні вони описують, що відверта та письмова комунікація має першорядне значення.

Наприклад, студенти можуть провести дослідження з використанням математичного моделювання та детально оцінити свій розв’язок. Студенти також мають продумати процес моделювання, щоб

вони могли чітко пояснити, наскільки добре вони розуміють предмет після певного математичного використання. Таким чином, цей математичний цикл повторюється природним чином. Переглядати рішення потрібно протягом кожного циклу. Це дозволяє студентам по-різному прогресувати протягом циклу моделювання, перш ніж прийняти адекватне рішення. Для реалізації такого процесу вони стверджують, що математична моделююча діяльність Перренета і Званевельда має бути відкритою. Столман і Альбаррасін заявили, що в математичному моделюванні має бути сім предметів. Перший – проблема має починатися з реальної проблеми. По-друге, слід вирішити ключові питання. Третій із цих основних елементів – це логічне мислення над розв'язком задачі з математичними припущеннями та наближеннями. По-четверте, використовувана математика має бути пов'язана з реальною ситуацією. П'ятий з цих елементів відіграє важливу роль у письмовій комунікації. Шостий, що є процесом математичного моделювання, – це ітеративний процес із відкритими проблемами. Сьомий і останній пункт – роздуми при використанні математичного моделювання.

Однак найбільш широко використовуваними навчальними програмами є діяльність з моделювання на основі моделей та перспектив моделювання. Наприклад, припустимо, що після рясних опадів у заповненій водою греблі є перелив. Таким чином, у разі підвищення рівня води стіни можуть зламатися і це може спричинити повені. Цю ситуацію можна подолати, тримаючи дренаж греблі відкритим протягом певного часу після кожного заповнення. Поки триватимуть опади, ця ситуація буде постійно поновлюватися. Важливими факторами в цьому випадку є рівень води в греблі, кількість води, що скидається при відкритті дренажів греблі та час. При необхідності можна розробити математичну формулу, враховуючи стан опадів для цієї проблеми. Вже тоді можна знайти різні змінні чи параметри. Формули, які тут потрібно враховувати, мають бути скориговані. Наприклад, важлива кількість, розмір та час використання дренажів.

Деякі зміни можуть бути внесені в модель рекурсивно. Гюдер та Гюрбюз мали на меті покращити здатність міждисциплінарних відносин у галузі математики, науки та техніки у галузі «енергозберігаючої проблеми» для учнів сьомого класу. У цій проблемі викладаються поняття потужність, потужність двигуна, енергоблоки (ват-кіловат) та їх перетворення один в одного. Відповідно до мети дослідження, вони намагалися показати розвиток учасників з іншої точки зору в концептуально збагаченому середовищі відповідно до багатошарового навчального експерименту [8]. Багаторівневий навчальний експеримент, покликаний допомогти студентам зрозуміти моделювання певного виду діяльності.

Проблеми реального життя розв'язуються з допомогою математичного моделювання. Ситуації в реальному житті є складними і охоплюють багато областей. Тому математичне моделювання підходить для різних дисциплін, і воно розглядається як ефективний інструмент, який може бути використаний у навчанні STEM. Цей вид діяльності, який визначається як міждисциплінарне математичне моделювання (МММ), включає розуміння різних дисциплін. У розумінні МММ та у вирішенні задач реальної ситуації разом з математикою використовуються одна чи кілька дисциплін. У своєму дослідженні МММ займається математикою та наукою.

Як було сказано вище, процес математичного моделювання – це циклічний процес, що складається з декількох етапів. Аналогічно, процес МММ – циклічний і каскадний процес. Однак, на відміну від математичного моделювання, включення більше однієї області діяльності МММ призводить до диференціації в процесі моделювання. Процес МММ починається в реальному світі, і в першу чергу, людина має зрозуміти проблему реального життя. Перший крок, який виражається як розуміння проблеми, входить у світ STEM. У той час, як перше коло представляє елементи метакогнітивної теорії (метакогнітивні знання, процеси, навички та стратегії), друге коло включає теорію соціального розвитку (соціальна опосередкована взаємодія - сприяння спілкуванню). Нарешті, третє коло складається з навчальних елементів, які вважаються основними для навчання [9].

Висновки

В процесі дослідження, робиться все більш детальне пояснення пізнавальної діяльності в моделюванні. Видно, що технологічні розробки враховуються при концептуалізації процесу математичного моделювання. З огляду на моделювання, яке використовується в математичному

процесі моделювання, поява різних підходів виявляє складну структуру процесу. З цієї причини видно, що дослідження, пов'язані з процесом математичного моделювання, з урахуванням різних ефектів технології, поєднуються з STEM, і це призводить до появи більш багатих когнітивних та метакогнітивних процесів.

Внаслідок важливості діяльності STEM у розв’язанні завдань математичного моделювання та реального життя з різних дисциплін, діяльність STEM продовжує інтегруватися в школи. Хоча багато країн додавали STEM до своїх освітніх програм, деякі з них поєднували математичне моделювання з практикою. Навіть навчання вчителів з цього питання тривають.

Як результат, можна відмітити, що навчання з допомогою математичного моделювання разом із STEM, підвищує мотивацію учнів до уроку; вони краще навчаються, концентруючи свою увагу на темі; залишає позитивний вплив на них і покращує ставлення до уроку. Вирішення реальних проблем у майбутньому за допомогою STEM та математичного моделювання продовжуватиме відігравати важливу роль у забезпеченні інноваційних та творчих перспектив вирішення проблем у культурному та економічному розвитку країн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беррі Дж, Х'юстон К. Математичне моделювання. Бістрол: J. W. Arrowmith Ltd; - 1995.

2. Блісс К, Лібертіні Дж. Що таке математичне моделювання. Товариство промислової та прикладної математики SIAM; 2016. С. 7–21

3. Lesh R, Doerr HM. Foundations of a model and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In: Lesh R, Doerr HM, editors. Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 2003.

4. Тезер М, Кумхур М. Математика через навчальну модель та математичне моделювання: Геометричні об'єкти. Журнал математики, науки та технології Eurasia. 2017.

5. Bybee RW. Advancing STEM education: A 2020 vision. Technology and Engineering Teacher. 2010.

6. Cooper R, Heaverlo C. Рішення проблем, творчість та дизайн: Який вплив вони мають на інтерес до предметних областей STEM? Американський журнал інженерної освіти. 2013 рік.

7. Девід Г.Х., Шарон К.С. Пролог конференції І Девід Г.Х., Шарон К.С., редактори; Матеріали конференції з інформаційної роботи К-12 від наукових відділів університету; Релі, штат Північна Кароліна: Науковий дім, Державний університет Північної Кароліни; 2006.

8. Tseng K, Chang C, Lou S, Chen W. Ставлення до науки, технології, інженерії та математики (STEM) у навчальному середовищі, заснованому на проектах (PBL). Міжнародний журнал про освіту технологій та дизайну. 2013. 23 (1): 87-102

9. Національна академія наук. Інтеграція STEM в освіту К-12: стан, перспективи та програма досліджень. Вашингтон, округ Колумбія: Національна преса академій; 2014.

Красносєльський Віталій Валерійович – аспірант кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: wommerses@gmail.com

Хом’юк Ірина Володимирівна – д. пед. н., професор, професор кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vikiravvh@gmail.com

Vitalii Krasnosielskyi – postgraduate the Chair of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: *wommerses@gmail.com*

Khomyuk Irina V. – Doctor of Science (Ped.), Professor of Higher Mathematics Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vikiravvh@gmail.com