

УДК 378.14:372.857

DOI <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2023-16.15>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В КУРСІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

СОБЧУК ВАЛЕНТИН ВОЛОДИМИРОВИЧ

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
sobchuk@knu.ua
orcid.org/0000-0002-4002-8206

ЛЮБЧЕНКО ВАЛЕРІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

студентка I курсу магістерського рівня вищої освіти
механіко-математичного факультету
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
valeria.lubchenko2001@gmail.com
orcid.org/0009-0000-5536-0992

Математична освіта є одним із базових елементів системи професійної підготовки майбутніх фахівців технічних та інженерних спеціальностей у закладах вищої освіти. Для студентів технічних спеціальностей математика є не лише навчальною дисципліною, а й інструментом аналізу професійної діяльності, організації, моделювання й управління технологічними процесами. Останні досягнення в науці та техніці були б неможливими без розроблення та застосування ефективного апарату математичного моделювання, тому математичне моделювання є потужним інструментом розв'язання технічних, інженерних, технологічних і наукових проблем.

Мета статті – дослідити особливості викладання математичного моделювання в курсах вищої освіти для професійної підготовки студентів технічних спеціальностей. Запропонувати рекомендації та методологічні підходи до викладання елементів математичного моделювання в курсі вищої математики з урахуванням зазначених особливостей.

Для досягнення поставленої мети в роботі використано комплекс сучасних методів педагогічного дослідження: теоретичний – аналіз, узагальнення, порівняння, систематизація наукової та навчальної літератури – для визначення сучасного стану проблеми; емпіричні – діагностичні (спостереження, інтерв'ю) – для визначення ефективності сучасних методик удосконалення кроскомпетентностей математичного моделювання. Навички математичного моделювання посідають важливе місце серед загальних результатів освоєння студентами основних освітніх програм (особистісні характеристики, результати метапредметного характеру), предметних результатів. Володіння теоретичною базою й інструментарієм математичного моделювання є невід'ємним атрибутом сучасного фахівця. Трансформація сучасної освіти відповідно до суспільно-економічних запитів основним завданням підготовки фахівців технічної спеціальності передбачає формування у студентів не лише знань, умінь і навичок, а й особливих компетенцій, сфокусованих на здатності застосування цих знань, умінь і навичок у майбутній професійній діяльності.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в запропонованих у роботі прийомах, які дозволяють досягти вищого рівня компетентностей студентів технічних спеціальностей закладів вищої освіти шляхом модернізації змісту освіти таким способом, щоб упливати на формування індивідуальної освітньої траєкторії студентів технічних спеціальностей із перших занять із вищої математики, акцентувати увагу на зв'язку навчального матеріалу всіх освітніх компонент із їхньою майбутньою професійною діяльністю та перспективами розвитку суспільства.

За умови використання методу математичного моделювання у процесах формування загальних математичних понять, коли даний метод є предметом вивчення, процеси моделювання стають системоутворючим джерелом розгортання арсеналу засобів навчання математики. Такі процеси стають органічним системоутворючим, системопороджуючим носієм, який максимально відповідає самій природі математичної діяльності. Модернізація змісту освіти має базуватися на розвитку прикладних та інноваційних складників, які мають на меті формування висококонкурентних молодих фахівців на сучасному ринку праці.

Ключові слова: компетентність, математичне моделювання, вища математика, професійно орієнтовані завдання, методи викладання.

Постановка проблеми. Математичне моделювання є потужним інструментом розв'язання технічних, інженерних, технологічних і наукових проблем. Останні досягнення в науці та техніці були б неможливими без розроблення та застосування ефективного апарату математичного моделювання.

Вирішення більшості наукових та інженерно-технічних завдань (проектування й оптимізація систем, вивчення механізмів явищ, прогнозування розвитку процесів у часі, оптимальне управління об'єктом тощо) ґрунтується на математичному моделюванні. Математичне моделювання передбачає опис явищ, процесів, систем різної фізичної природи, які є предметом дослідження, мовою математичних співвідношень [2]. Класи математичних моделей визначаються постановкою завдань, метою дослідження та рівнем знань експериментатора про об'єкт, який є об'єктом моделювання. Отже, володіння теоретичною базою й інструментарієм математичного моделювання є невід'ємним атрибутом сучасного фахівця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Навички математичного моделювання посідають важливе місце серед загальних результатів освоєння студентами основних освітніх програм (особистісні характеристики, результати метапредметного характеру), предметних результатів [6]. Затребуваність таких навичок зумовлена тим, що завдяки стрімкому розвитку обчислювальних методів математичне моделювання стає одним з основних методологічних підходів до дослідження різноманітних реальних процесів, стаючи все більш універсальним [8; 10]. У зв'язку із цим посилилася необхідність модернізації математичної освіти, метою якої є вже не лише набуття студентами визначеної суми математичних знань, але передусім розвиток логічного мислення, опанування математичного апарату, необхідного для вирішення прикладних і практичних завдань, формування вмінь перекласти прикладне завдання математичною мовою [9; 11–13]. У вирішенні таких завдань закладений найбільший потенціал для зростання мотивації студентів до математичної діяльності [3].

Трансформація сучасної освіти відповідно до суспільно-економічних запитів основним завданням підготовки фахівців технічної спеціальностей передбачає формування у студентів не лише знань, умінь і навичок, а й особливих компетенцій, сфокусованих на здатності застосування цих знань, умінь і навичок у майбутній професійній діяльності [4; 5]. Поняття компетентності, тобто готовності випускника до професійної діяльності, стає центральним у теорії та практиці вищої школи, зокрема й вищої технічної школи. Досягти вищого рівня компетентності випускників можна модернізацією змісту освіти таким чином, щоб уже протягом першого року навчання показати студентам зв'язок навчального матеріалу кожної дисципліни з їхньою майбутньою професійною діяльністю або з перспективами розвитку суспільства.

Така модернізація має пов'язувати три головні аспекти навчання:

- *формування змісту навчання відповідно до його цілей;*
- *підвищення мотивації до вивчення дисциплін;*
- *розроблення засобів навчання та методики їх використання.*

Повною мірою це стосується навчання циклу дисциплін вищої математики.

Метою статті є дослідження особливостей викладання математичного моделювання в курсах вищої освіти для професійної підготовки студентів технічних спеціальностей. Пропонування рекомендацій і методологічних підходів до викладання елементів математичного моделювання в курсі вищої математики з урахуванням зазначених особливостей.

Виклад основного матеріалу. Необхідно відзначити, що дисципліни циклу вищої математики для студентів технічних спеціальностей мають двояке становище: з одного боку, математика – це особлива загальноосвітня дисципліна, оскільки знання з математики є фундаментом вивчення інших загальноосвітніх, а також загальноінженерних і спеціальних дисциплін; з іншого боку, для багатьох технічних спеціальностей закладів вищої освіти математика перестала бути профільним предметом, що зумовлено вимогами відповідних стандартів освіти [1].

Дуже поширена думка про те, що студенти можуть будувати та досліджувати математичні моделі, лише накопичивши значний обсяг знань з освітніх програм ЗВО. Така думка, на наш погляд, є помилковою. Ми вважаємо, що формування таких навичок має проводитися протягом усього часу вивчення математики [14], починаючи з молодших класів закладів загальної середньої освіти. Для цього, звичайно, і вчителям математики в ЗСО і викладачам ЗВО необхідно мати відповідне навчально-методичне забезпечення, важливою складовою частиною якого може бути комплекс спеціально орієнтованих математичних задач. Як приклад відзначимо тему «Матриці та дії над ними», яка зазвичай вивчається на початкових етапах вивчення дисциплін вищої математики. Під час першого знайомства з операцією множення матриць – рядки першої матриці «множаться» на стовпці другої – студенти сприймають її як неприродну, штучну. Тому для формування пізнавального інтересу студентів дуже корисно перед викладом основ лінійної алгебри показати, що саме така операція виникає під час вирішення багатьох практичних завдань.

Для ефективного використання комплексів професійно орієнтованих математичних завдань потрібні спеціальні методики навчання. Так, у разі застосування на лекціях пояснювально-ілюстративного методу варто віддавати перевагу професійно орієнтованим завданням і прикладам, оскільки це сприяє підтримці високої мотивації вивчення математичного матеріалу.

Репродуктивний метод, який широко використовується у проведенні практичних і лабораторних занять, на яких досягаються оперативність, гнучкість і конкретність знань, формуються навички математичного моделювання, також стає більш результативним за використання не лише традиційних, а й професійно орієнтованих математичних задач.

Професійно орієнтовані завдання, очевидно, характерні для використання частково-пошукового (евристичного) методу навчання. Розв'язування задач дослідницького типу зазвичай потребує досить багато часу (необхідного як для побудови математичної моделі,

так і для її поглибленого дослідження), тому є сенс використовувати їх у рамках семінарських занять і лабораторних практикумів із математики або передбачити для цього в навчальному плані відповідну курсову роботу.

Випускники прикладних спеціальностей вважають, що виховні цілі викладання математики досягаються підготовкою саме прикладної спрямованості. Вони вважають, що математичні концепції мають природне походження, і при нагоді підкреслюють, що історія математики переконливо демонструє продуктивність фокусування саме на цих її витках.

Математичні поняття, математичні методи формуються у прикладних областях, де вони фігурують лише як інструменти розв'язання задач. У фундаментальних областях вони є предметом вивчення, а це вже принципово інший тип діяльності.

З огляду на великий запит на необхідність прикладної підготовки, важливо також пам'ятати про те, що її не досить для виховання тієї високої інтелектуальної математичної компетентності, яку може забезпечити ґрунтовне вивчення фундаментальної математики.

Знаємо чимало прикладів того, як відомі математики та педагоги навчали студентів-математиків, фактично моделюючи елементи теоретичного контексту. Нині на таких прикладах важливо виявити та проілюструвати компетентнісну сутність такого навчання. Розглянемо з позицій компетентнісного підходу, наприклад, стиль навчання, притаманний великим німецьким математикам, професорам Геттінгенського університету Д. Гільберту та Ф. Клейну.

Лекції Ф. Клейна абсолютно слушно можна вважати класичними. Під час лекції на дошці нічого не стиралося, до кінця на ній залишався повний конспект лекції, кожен квадратний сантиметр дошки був акуратно заповнений, з дотриманням логічного порядку. Сильною стороною Ф. Клейна була властива йому широта охоплення матеріалу. Однак енциклопедичність його лекцій, виражаючись у вичерпному поданні теорем, що становлять математичну теорію, аж ніяк не поширювалася на їх докази. На думку Ф. Клейна,

студенти мали самостійно працювати над доказами, тому він давав лише їхній спільний план. Через це студентам доводилося витрачати для засвоєння матеріалу чотири години на кожну годину, проведено на лекції.

Натомість Д. Гільберт не терпів математичних лекцій, які насичували студентів фактами, але не вчили їх, як ставити та розв'язувати задачі. Він часто казав їм, що правильна постановка задачі – це вже половина її розв'язання. Більшу частину лекції він присвячував поясненням суті питання. Наступний формальний доказ ставав таким природним, що студентам доводилося тільки дивуватися, що вони не дійшли до нього самі. Слухачам його лекцій математика представлялася все ще у процесі формування, і більшість із них віддавали перевагу більш досконалим лекціям Ф. Клейна.

З позицій сьогодення методичні прийоми, стиль навчання і Ф. Клейна, і Д. Гільберта можна назвати компетентнісними, оскільки сутність їх досить різних підходів одна – створення теоретичного контексту пошуку нових знань. Саме застосовані підходи надавали їхньому навчанню особливої ефективності. Ф. Клейн, плануючи етапи доказу теореми, поділяв його на невеликі фрагменти – локальні проблемні ситуації, призначені для самостійного розв'язання студентами. Поповнюючи передбачені прогалини у доказах, студенти вчилися застосовувати математичні знання для отримання нових знань.

Такий підхід, зорієнтований на студентів, здатних працювати самостійно, з літературою також, не зовсім поділяв Д. Гільберт, який оцінював можливості студентів скромніше. Його улюбленими заповідями були:

- повторюй n 'ять разів;
- обчислення проводи не складніші, ніж на рівні таблиці множення;
- починай із найпростіших прикладів.

Природно, що Д. Гільберт дотримувався іншого підходу: демонструючи студентам складний процес наукового пошуку та здобуття знань, він формував і знання, і вміння їх застосовувати. Отже, можемо стверджувати, що Ф. Клейн і Д. Гільберт так чи так вчили студентів застосовувати знання для отримання нових [7].

Проілюструємо на прикладі, як під час вивчення звичайної теми диференціювання функцій двох змінних за параметром можна використати прийом, який дозволяє розширити знання студентів про важливе прикладне, маловідоме широкому загалу поняття «*годографа*».

Власне на семінарських заняттях із математичного аналізу або вищої математики для студентів технічних спеціальностей закладів вищої освіти можна ввести поняття *годографа*, як приклад розширення поняття векторної функції. *Векторною функцією (вектор-функцією скалярного аргументу)* називають відображення, яке кожному дійсному числу $t \in \mathbb{T}$ увідповіднює певний вектор $\vec{r} = \vec{r}(t)$.

У фіксованому базисі $\{\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}\}$ задавання однієї вектор-функції $\vec{r} = \vec{r}(t)$ рівносильно задаванню трьох числових функцій $x(t), y(t)$ та $z(t)$, які є координатами:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j} + z(t)\hat{k}, t \in \mathbb{T}.$$

Геометрично вектор-функцію зручно зображувати, будуючи множину точок простору (деяку криву) з радіусами-векторами $\vec{r} = \vec{r}(t)$, $t \in \mathbb{T}$, які виходять із фіксованої точки O . Цю множину називають *годографом* вектор-функції.

Функція $\vec{r}(t)$ задає параметричне зображення *годографа* L з параметром t (рис. 1).

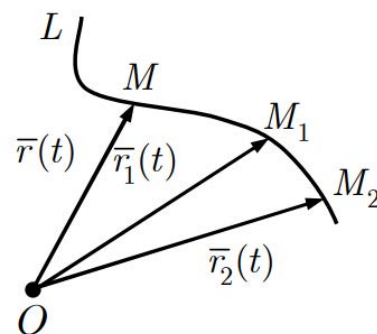


Рис. 1. Ілюстрація *годографа* L довільної вектор-функції

Фізично *годограф* вектор-функції можна розглянути як траєкторію руху матеріальної точки.

Наприклад, *годографом* функції:

$$\vec{r}(t) = \hat{i}a \cos t + \hat{j}b \sin t, 0 \leq t \leq 2\pi$$

є еліпс із параметричним рівнянням:

$$\begin{cases} x = a \cos t, \\ y = b \sin t, \end{cases} t \in [0; 2\pi].$$

Приклад 1. Знайти годограф функції:

$$\vec{r} = \sqrt{1-t^2} \hat{i} + \sqrt{1+t^2} \hat{j}, t \in [0; 1].$$

Запишемо параметричні рівняння годографа:

$$\begin{cases} x = \sqrt{1-t^2}, \\ y = \sqrt{1+t^2} \end{cases}, t \in [0; 1].$$

Виключаючи параметр t , дістаємо неявне рівняння годографа:

$$x^2 + y^2 = 1 - t^2 + 1 + t^2 = 2.$$

Початковою точкою годографа є $A(x(0); y(0)) = (1; 1)$, а кінцевою – точка $B(x(1); y(1)) = (0; \sqrt{2})$.

Отже, годографом вектор-функції є дуга кола $x^2 + y^2 = 2$ від точки $A(1; 1)$ до точки $B(0; \sqrt{2})$, що обходиться проти годинникової стрілки (рис. 2).

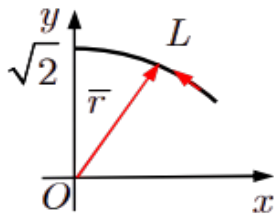


Рис. 2. Ілюстрація годографа L вектор-функції прикладу 1

Приклад 2. Знайти годограф вектор-функції:

$$\vec{r} = \frac{1-t^2}{1+t^2} \hat{i} + \frac{2t}{1+t^2} \hat{j} + \hat{k}.$$

Запишемо параметричні рівняння годографа:

$$\begin{cases} x = \frac{1-t^2}{1+t^2}, \\ y = \frac{2t}{1+t^2}, \\ z = 1. \end{cases}$$

Виключаючи параметр t з перших двох рівнянь системи, дістаємо неявне рівняння годографа:

$$x^2 + y^2 = \frac{|1+t^2|^2 + 4t^2}{|1+t^2|^2} = 1.$$

Відповідно, годографом вектор-функції буде коло: $x^2 + y^2 = 1, z = 1$, з якої ми маємо виключити точку $(-1; 0; 1)$

У разі зміни t від $-\infty$ до $+\infty$ точка $M(x; y; z)$ на годографі рухається від точки $(-1; 0; 1)$ проти годинникової стрілки (якщо спостерігати з точки, яка розташована вище площини $z = 1$). Водночас:

$$\lim_{t \rightarrow \pm\infty} x(t) = -1, \lim_{t \rightarrow \pm\infty} y(t) = 0.$$

Поняття годографа було введено ірландським математиком Вільямом Гамільтоном. Годограф дає наочне геометричне уявлення про те, як змінюється із часом фізична величина, що зображується змінним вектором, і про швидкість цієї зміни, що має напрям дотичної до годографа. Наприклад, швидкість точки є величиною, що зображується змінним вектором v . Відклавши значення, які має вектор v у різні моменти часу, від початку координат O , отримаємо годограф швидкості; величина, що характеризує швидкість зміни швидкості в точці M , тобто прискорення (у цій точці), має для будь-якого моменту часу напрям, дотичний до годографа швидкості у відповідній його точці M' . У геофізиці годограф – математичне відношення часу, який проходить хвиля, до відстані, яку вона проходить.

Отже, у студентів на звичайному семінарському занятті формуються навички знаходження похідних і розвивається математична компетентність через установалення міжпредметних зв'язків, ведеться пропедевтика побудови інваріантів за допомогою апарату параметризації функцій.

Висновки. Метод математичного моделювання, який перекладає знання з різних дисциплін мовою математичних формалізмів, забезпечує можливість вільного переміщення цих знань з одних дисциплін до інших. Для математиків цей метод наукового пізнання є

інтелектуальним інструментом професійної діяльності, тому особливо важливо широко використовувати його в навчанні різних дисциплін.

Під час використання методу математичного моделювання у процесах формування загальних математичних понять, коли даний метод є предметом вивчення, процеси моделювання стають системостворчим джерелом розгортання арсеналу засобів навчання математики. Навіть більше, такі процеси стають органічним системостворчим, системо породжуючим носієм, який максимально відповідає самій природі математичної діяльності.

Коли процеси моделювання стають предметом вивчення, вони сприяють тому, що студенти бачать у математиці сферу діяльності, яка відповідає за розвиток концептуального апарату та технічного інструментарію моделювання.

Процеси моделювання в навчальній математичній діяльності, яка реалізується в усій своїй цілісності, поєднуються із процесом функціонування тріади «метод – навчальна задача – пошук». Навіть більше, такі процеси породжують функціонування багатьох інших подібних тріад та їх взаємодію. Отже, процеси математичного моделювання сприяють розвитку не окремих якостей мислення в їхній ізольованості, а органічному матема-

тичному та загальному інтелектуальному розвитку студентів.

Реформа освітнього простору України, упровадження новітніх педагогічних технологій сприяють створенню комфортних умов професійної діяльності викладачі ЗВО, активізації творчого процесу, що, у свою чергу, забезпечує зростання інтересу до технічних спеціальностей, особливо орієнтованих на галузі ІТ, електроніки, енергетики, металургії тощо.

Підсумовуючи, необхідно зазначити, що вищевикладене підтверджує важливість освіти як особливої форми мисленнєвої діяльності, яка, підпорядковуючись діалектичним законам, поетапно проводить студента від незнання до знання, від володіння знаннями – до їх застосування, а потім – до створення нових знань і далі – до викладання. Причому цей процес є циклічним. Саме тому освіта нині не має ні вікових кордонів, ні інших обмежень. Відгуком на запит сучасної цивілізації, для якої характерні високі темпи розвитку науки та техніки, що спонукають постійні безперевні зміни технологій, може стати система освіти протягом життя, яка використовує не лише традиційні форми здобуття знань, а й самоосвіту та саморозвиток особистості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Затверджені стандарти вищої освіти. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti>.
2. Математичне моделювання : підручник / А.М. Самойленко та ін. Київ : Наукова думка, 2015. 328 с.
3. Слєпкань З.І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 2005. 239 с.
4. Методологічні аспекти інтегрованості математичного моделювання в системі математичних дисциплін вищої школи / В.В. Собчук та ін. *Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів та комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці* : III Всеукраїнська конференція, 28 квітня 2021 р. Київ. С. 164–167.
5. Методологічні аспекти навчання математичного моделювання в системі університетської освіти / В.В. Собчук та ін. *Interdiscip Linary Studies of Complex Systems*. 2022. № 21. С. 59–87. DOI: 10.31392/iscs.2022.21.059.
6. Creswell J.W. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, CA : Sage, 2013. 270 p.
7. Famous Mathematicians. URL: <https://totallyhistory.com/biography/famous-mathematicians>.
8. Iversen S. & Larson C. Simple thinking using complex math vs. complex thinking using simple math – A study using model eliciting activities to compare students' abilities in standardized tests to their modelling abilities. *Spribger*. 2006. ZDM 38. P. 281–292.
9. Barbosa J.C. Mathematical modelling in classroom: A socio-critical and discursive perspective. 2006. ZDM 38 (3). P. 293–301. DOI: 10.1007/BF02652812.

10. Maaß K. What are modelling competencies? 2006. ZDM 38 (2). P. 113–142. DOI: 10.1007/BF02655885.
11. Blomhøj M., Kjeldsen T.H. Students reflections in mathematical modelling projects. *Trends in teaching and learning of mathematical modeling* / G. Kaiser et al. (Eds.). 2011. P. 385–395. DOI: 10.1007/978-94-007-0910-2_38.
12. Chapman O. Mathematical modelling in high school mathematics: teachers thinking and practice. *Modelling and applications in mathematics education* / W. Blum et al. (Eds.). 2007. P. 325–332. DOI: 10.1007/978-0-387-29822-1.
13. Frejd P. Modes of Mathematical modelling – An analysis of how modelling is used and interpreted in and out of school settings. Linköping, Sweden : Linköping University Electronic Press, 2014. 135 p. DOI: 10.3384/diss.diva-103689.
14. CAS-enabled technologies as “agents provocateurs” in teaching and learning mathematical modelling in secondary school classrooms / V. Geiger et al. *Mathematics Education Research Journal*. 2010. № 22 (2). P. 48–68. DOI: 10.1007/BF03217565.

PECULIARITIES OF TEACHING MATHEMATICAL MODELING IN THE COURSE GO HIGHER MATHEMATICS IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION FOR STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

SOBCHUK VALENTYN VOLODYMYROVYCH

Doctor of Engineering, Professor,
Professor of the Department of Integral and Differential Equations
Taras Shevchenko Kyiv National University
sobchuk@knu.ua
orcid.org/0000-0002-4002-8206

LIUBCHENKO VALERIIA OLEKSANDRIVNA

Student of the First Year Master’s Level of Higher Education
Mechanical and Mathematical Faculty
Taras Shevchenko Kyiv National University
valeria.lubchenko2001@gmail.com
orcid.org/0009-0000-5536-0992

Mathematical education is one of the basic elements of the system of professional training of future specialists in technical and engineering specialties in institutions of higher education. For students of technical specialties, mathematics is not only an educational discipline, but also a tool for the analysis of professional activity, organization, modeling and management of technological processes. Recent achievements in science and technology would not be possible without the development and application of an effective mathematical modeling apparatus, therefore mathematical modeling is a powerful tool for solving technical, engineering, technological and scientific problems.

The purpose of the article is to investigate the peculiarities of teaching mathematical modeling in higher education courses for the professional training of students of technical specialties. To propose recommendations and methodological approaches to teaching elements of mathematical modeling in the course of higher mathematics, taking into account the specified features.

To achieve the goal, the work uses a set of modern methods of pedagogical research: theoretical – analysis, generalization, comparison, systematization of scientific and educational literature – to determine the current state of the problem; empirical – diagnostic (observations, interviews) – to determine the effectiveness of modern methods of improving mathematical modeling skills. Mathematical modeling skills occupy an important place among the general results of students’ mastery of the main educational programs (personal characteristics, results of a meta-subject nature), and subject results. Possession of the theoretical base and tools of mathematical modeling is an integral attribute of a modern specialist. The transformation of modern education in accordance with socio-economic demands, the main task of training specialists in technical specialties involves the formation of students not only certain knowledge, abilities and skills, but also special competencies focused on the ability to apply this knowledge, abilities and skills in future professional activities.

The scientific novelty of the research results lies in the methods proposed in the work, which allow to achieve a higher level of competence of students of technical specialties of higher education institutions by modernizing the content of education in such a way as to absorb the formulation of the individual educational trajectory of students of technical specialties from the first classes in higher mathematics, focusing on the connection of the educational material of all educational components with their future professional activity and prospects for the development of society.

Using the method of mathematical modeling in the processes of formation of general mathematical concepts, when this method is the subject of study, modeling processes become a system-creating source of deployment of the arsenal of mathematics teaching tools. Such processes become an organic system-creating, system-generating medium that maximally corresponds to the very nature of mathematical activity. Modernization of the content of education should be based on the development of applied and innovative components aimed at forming highly competitive young workers in modern labor markets.

Key words: *competence, mathematical modeling, higher mathematics, professionally oriented tasks, teaching methods.*

REFERENCES

1. Zatverdjeni standarty vyshchoi osvity [Approved standards of higher education]. Retrieved from <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti> [in Ukrainian].
2. Samoilenko, A.M., Kenzhebaev, K.K., Stanjickiy, O.M. & Taran, E.U. (2015). *Matematichne moduliuvannia : Pidruchnyk [Mathematical modeling : Textbook]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Slepkan, Z.I. (2005). *Naukovi zasady pedagogichnogo procesu u vyshchij shkoli [Scientific basis of the pedagogical process in higher education]*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
4. Sobchuk, V.V., Zamrij, I.V., Barbash, O.V., Musienko, A.P. & Lukova-Chujko, N.V. (2021). *Metodologichni aspekty integrovanosti matematychnogo modeluvannia v systemi matematychnyh dyscyplin vyshchoi shkoly [Methodological aspects of the integration of mathematical modeling in the system of mathematical disciplines of higher education]*. *III Vseukrainska konferenciia "Teoretyko-practychni problemy vykorystannia matematychnyh mrtodiv ta komputerno-orientovanyh tehnologij v osviti ta nauci" [All-Ukrainian conference "Theoretical and practical problems of using mathematical methods and computer-oriented technologies in education and science"]*. Pp. 164–167 [in Ukrainian].
5. Sobchuk, V.V., Zamrij, I.V., Barbash, O.V., Musienko, A.P. & Lukova-Chujko, N.V. (2022). *Metodologichni aspekty navchannia matematychnogo modeluvannia v systemi universytetskoj osvity [Methodological aspects of teaching mathematical modeling in the system of university education]*. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*. DOI: 10.31392/iscs.2022.21.059 [in Ukrainian].
6. Creswell, J.W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage [in English].
7. Famous Mathematicians. Retrieved from <https://totallyhistory.com/biography/famous-mathematicians> [in English].
8. Iversen, S. & Larson, C. (2006). Simple thinking using complex math vs. complex thinking using simple math – A study using model eliciting activities to compare students' abilities in standardized tests to their modelling abilities. *Spribger, ZDM* 38 [in English].
9. Barbosa, J.C. (2006). Mathematical modelling in classroom: A socio-critical and discursive perspective, *ZDM*, 38 (3). DOI: 10.1007/BF02652812 [in English].
10. Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38 (2). DOI: 10.1007/BF02655885 [in English].
11. Blomhøj, M. & Kjeldsen, T.H. (2011). Students reflections in mathematical modelling projects. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*. DOI: 10.1007/978-94-007-0910-2_38 [in English].
12. Chapman, O. (2007). *Mathematical modelling in high school mathematics: teachers thinking and practice*. In W. Blum, P.L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education*. DOI: 10.1007/978-0-387-29822-1 [in English].
13. Frejd, P. (2014). *Modes of Mathematical modelling – An analysis of how modelling is used and interpreted in and out of school settings*. Linköping, Sweden: Linköping University Electronic Press. DOI: 10.3384/diss.diva-103689 [in English].
14. Geiger, V., Faragher, R., & Goos, M. (2010). CAS-enabled technologies as “agents provocateurs” in teaching and learning mathematical modelling in secondary school classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 22 (2). DOI: 10.1007/BF03217565 [in English].