УДК 378.018.8 DOI: 10.32626/2307-4507.2024-30.86-91

Михайло ДУДИК[1], Юлія РЕШІТНИК[2]

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: [1]dudik_m@hotmail.com, [2]dikhtiarenko_iu@udpu.edu.ua;
ORCID: [1]0000-0002-1399-6367, [2]0000-0002-7937-2880

МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНТЕГРАЦІЙНИЙ БАЗИС МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

Анотація. Стаття присвячена обгрунтуванню використання методу математичного моделювання як інтеграційного базису курсу «Математичні методи природничих наук», який пропонується включити до переліку дисциплін вільного вибору в межах освітньої програми «Середня освіта (Природничі науки)» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Розглянуто роль курсу у формуванні критичного мислення, розвитку навичок розв'язування прикладних задач, аналізу наукових даних і застосування інформаційних технологій. Детально описано алгоритм побудови математичних моделей – від постановки задачі до її аналізу за допомогою аналітичних або числових методів. Особливу увагу приділено використанню сучасного програмного забезпечення, зокрема пакету MathCad, що спрощує процес моделювання завдяки готовим алгоритмам і дозволяє студентам зосередитися на аналізі конкретних природних явищ і їхніх закономірностей. Наведено приклади задач, що демонструють ефективність використання MathCad у моделюванні природних явищ. Показано, що моделювання сприяє інтеграції теоретичних знань із практичними навичками, формує ключові компетентності (математичну, інформаційно-цифрову) та підвищує якість підготовки майбутніх учителів до викладання природничих дисциплін.

Ключові слова: математична підготовка, природничі науки, математичні методи, моделювання, інформаційні технології.

Постановка проблеми. Математика як фундаментальна і прикладна наука посідає особливе місце у загальнолюдській системі знань, виконуючи роль потужного і ефективного інструменту досліджень в найрізноманітніших наукових галузях. Проте існуючий підхід до математичної підготовки студентів природничих спеціальностей у закладах вищої педагогічної освіти часто не враховує зростаючу складність сучасних наукових задач. Обмежений обсяг традиційних математичних курсів не дозволяє студентам в повній мірі оволодіти всіма інструментами, що використовуються при викладанні окремих розділів фізики, хімії, біології та інтегрованих курсів природничо-наукових дисциплін.

Необхідність забезпечення якісної математичної підготовки вимагає розробки спеціалізованих курсів, орієнтованих на застосування математики у природничих науках. Такі курси мають включати як класичні, так і сучасні математичні методи, з акцентом на їх практичне використання у вирішенні наукових і прикладних задач. Постає питання: який підхід має бути покладено в основу вибору тих чи інших розділів математики при формуванні цих курсів? Один із можливих варіантів – формально об'єднати окремі розділи математики, актуальні для вивчення природничих дисциплін, адже без опанування відповідного математичного апарату засвоєння фізики, хімії або біології стає значно складнішим. Однак більш цілісним і ефективним може стати формування додаткового курсу математики, в основу якого буде покладено використання методу математичного моделювання, який є фундаментальним і універсальним методом розв'язання численних задач природничих наук. Відповідно, потребують аналізу шляхи і форми реалізації даного підходу до формування математичних компетентностей майбутніх вчителів природничих наук.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний етап розвитку природничих наук характеризується широким впровадженням математичних методів у різні галузі природознавства. Це обумовлено як прогресом самих наук, так і універсальністю математичного апарату, який дозволяє точно та лаконічно формулювати й аналізувати наукові результати. На сьогоднішній день окремі природничі науки в різній мірі використовують математичні методи в своїх дослідженнях. Найбільш глибоким є проникнення математики у фізику, де сформувався цілий напрямок – теоретична фізика, в якій нові наукові результати досягаються шляхом використання різноманітних математичних засобів [12, 17]. Чимало передбачень і відкриттів завдяки математиці зроблено в астрономії. Суттєво зросла роль математики в сучасній хімії, де значного поширення набув метод математичного моделювання, який дозволяє звести дослідження хімічних процесів до вивчення математичної моделі, представленої системою рівнянь математичного опису хімічних процесів [4, 10, 14]. Важче відбувається математизація біології через надзвичайну складність біологічних об'єктів і явищ, але і в ній розвиваються нові напрямки, зокрема, біокібернетика, яка займається моделюванням структури і закономірностей поведінки живої системи [15, 16].

Методиці розв'язування задач на основі моделювання приділено значну увагу в роботах Г.М. Возняк [1] та Л.О. Соколенко [8].

Розвідку проблеми інтеграції предметів математичної й природничої галузей під час навчання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів здійснила С.М. Рибак [7].

В.В. Волошена [2] та О.М. Соколюк [9] досліджували питання формування у майбутніх учителів фізики вміння навчати учнів математичному моделюванню фізичних об'єктів і явищ.

Активне дослідження використання математичних моделей із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій здійснювали такі науковці, як М.І. Жалдак, Є.І. Машбиць, Г.О. Михалін, Н.В. Морзе, С.А. Раков.

Всі ці дослідження об'єднує спільна мета – розвиток методології математичного моделювання як основи професійної підготовки майбутніх вчителів.

Метою даної статті є обгрунтування методу моделювання як інтеграційного базису математичної підготовки майбутніх учителів природничих наук та розробка підходів до ефективного впровадження цього методу в освітній процес.

Виклад основного матеріалу. Одним з елементів реформування загальної середньої освіти в Україні на нинішньому етапі є впровадження в старших класах гуманітарного профілю інтегрованих курсів природничо-наукових дисциплін. Необхідність забезпечення закладів загальної середньої освіти кваліфікованими педагогічними фахівцями актуалізує дослідження змісту освітньо-професійних програм підготовки педагогічними університетами країни бакалаврів освіти з напрямку Середня освіта (Природничі науки) [5].

Важливою складовою цієї підготовки є формування математичної компетентності майбутніх вчителів природничо-наукових дисциплін. Базова математична підготовка студентів спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) здійснюється при вивченні вищої математики, яка відноситься до обов'язкових дисциплін з циклу фундаментальної підготовки і включає такі розділи, як основи лінійної і векторної алгебри, аналітична геометрія, диференціальне та інтегральне числення, звичайні диференціальні рівняння і ряди. Проте, цих розділів вищої математики недостатньо для засвоєння студентами окремих дисциплін науково-предметної підготовки та вільного вибору. У зв'язку з цим доцільно передбачити у блоці дисциплін вільного вибору студентів додатковий курс математики з умовною назвою «Математичні методи природничих наук», який враховував би сучасний стан використання математики у природознавстві [3].

При формуванні змісту програми дисципліни «Математичні методи природничих наук» передусім слід керуватись потребами науково-предметної підготовки випускників спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) [3]. Враховуючи, що основним методом теоретичного дослідження природних явищ є їх зведення до моделей, вивчення дисципліни повинно розпочинатись з розділу «Математичне моделювання» для ознайомлення студентів з його принципами і прикладами успішного застосування у різних галузях природознавства. Вивчення основ векторного і тензорного аналізу, теорії функцій комплексної змінної, варіаційного числення потребують перш за все такі розділи фізики як механіка, електродинаміка, теорія відносності, а також астрофізика і космологія. Потреби фізики і хімії вимагають включення в програму дисципліни «Математичні методи природничих наук» розділу «Рівняння математичної фізики», який розглядає методи розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних. Внаслідок стохастичності багатьох фізико-хімічних і біологічних процесів безумовно необхідним для всіх компонент природознавства є апарат теорії ймовірності і математичної статистики. Відображенням сучасних тенденцій у засобах природничих наук повинно стати вивчення чисельних методів та інформаційних технологій, які базуються на використанні комп'ютерної техніки і прикладних програм дослідницького призначення.

Вивчення курсу не повинно обмежуватися лише формальним викладом основних положень, теорем чи стандартних методів розв'язування задач. Необхідно демонструвати студентам конкретні приклади природничо-наукових проблем та їх зведення за допомогою тих чи інших моделей до відповідних математичних задач. Студенти повинні вчитися виділяти найбільш важливі ознаки явищ, незалежно від їх природи, та будувати математичні моделі на їх основі. Для цього потрібно формувати у студентів алгоритм побудови математичних моделей як сукупності наступної послідовності етапів:

1) визначення основних питань, на які потрібно знайти відповіді;
2) пошук інформації про досліджуваний об'єкт або явище;
3) конкретизація предмету моделювання;
4) встановлення ключових ознак досліджуваного об'єкта/явища;
5) формалізація головних властивостей і відповідних числових характеристик об'єкта;
6) встановлення зв'язків (математичних співвідношень) між характеристиками, що, власне, і стає формулюванням математичної моделі;
7) вибір математичного апарату для розв'язання математичних співвідношень (рівнянь) відносно розшукуваних невідомих характеристик об'єкта;
8) дослідження математичної моделі за допомогою обраних аналітичних або числових методів, що повинно привести до знаходження відповідей на питання, сформульовані на початку дослідження [6].

Навчання студентів методу моделювання в рамках дисципліни «Математичні методи природничих наук» має вирішальне значення з кількох причин. По-перше, моделювання допомагає візуалізувати та пояснювати складні явища, що робить природничі процеси більш зрозумілими й доступними для майбутніх учителів і їхніх учнів. По-друге, воно забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичними навичками, дозволяючи студентам глибше усвідомлювати сутність природничих явищ через математичні моделі. Використання методу моделювання сприяє розвитку критичного мислення, оскільки студенти навчаються аналізувати дані, перевіряти гіпотези та робити обґрунтовані висновки. Вміння використовувати моделювання також позитивно впливає на якість навчання, дозволяючи майбутнім учителям створювати інтерактивні та цікаві уроки, які залучатимуть учнів до пізнання природничих наук. У сучасному освітньому середовищі, де технології швидко розвиваються, володіння методами моделювання готує студентів до викладання в умовах цифровізації освітнього процесу.

Однак, лише теоретичних основ побудови математичних моделей і методів їх дослідження недостатньо для формування математичної компетентності майбутніх вчителів природничих наук. Вивчення математичних методів повинно супроводжуватись розв'язуванням належним чином підібраних задач. Особливо важливими є однотипні задачі, які зустрічаються у кількох природничих науках. В якості прикладу тут можна привести задачі на розв'язання систем звичайних нелінійних диференціальних рівнянь першого порядку виду:

$$\begin{cases} \dfrac{dX_1}{dt} = a_1 X_1 - a_2 X_1 X_2, \\ \dfrac{dX_2}{dt} = a_2 X_1 X_2 - a_3 X_2. \end{cases}$$

У біології дана система рівнянь описує динаміку популяцій, яка відома під назвою процесу «хижак – жертва», якщо під X_1 розуміти кількість тварин-хижаків, а під X_2 – кількість травоїдних тварин-жертв. В хімії аналогічна система рівнянь описує незатухаючі періодичні коливання в реагуючій системі двох речовин за наявності каталізатора зі сталою концентрацією (автокаталітичні реакції, наприклад, реакція Білоусова–Жаботинського), де X_1 і X_2 позначають концентрації реагуючих речових [11]. У фізиці також зустрічається клас механічних і електричних систем – так звані бістабільні системи, або інакше системи тригерного типу, які описуються системами диференціальних рівнянь подібного вигляду. Розгляд приведених прикладів є особливо актуальним у зв'язку з тим, що вони вивчаються в синергетиці при описі явищ самоорганізації, тобто утворення структур різної складності, в динамічних фізичних, хімічних, біологічних та інших системах [13].

Впровадження методу моделювання у навчальну дисципліну «Математичні методи природничих наук» може бути реалізоване через:

- використання спеціалізованого програмного забезпечення, такого як MathCad, Matlab, GeoGebra, Mathematica, Maple, яке дозволяє створювати математичні моделі природних процесів;
- проєктно-орієнтоване навчання, яке стимулює студентів застосовувати моделювання для вирішення реальних природничих проблем, наприклад, моделювання екосистем або кліматичних змін;
- створення навчальних модулів, присвячених методам моделювання, які поєднують теоретичні аспекти з практичними завданнями та проєктами;
- міждисциплінарний підхід, який забезпечує інтеграцію знань з різних природничих наук, таких як фізика, хімія, біологія та екологія, дозволяючи аналізувати складні системи у їхньому взаємозв'язку.

Серед математичних пакетів найбільш простим у засвоєнні з точки зору користувацького інтерфейсу і достатньо потужним засобом моделювання є система MathCad. Використовуючи вбудовані алгоритми, MathCad дозволяє розв'язувати багато різноманітних задач без використання програмування. Розглянемо приклади використання MathCad у навчанні курсу «Математичні методи природничих наук».

Приклад 1 [4]. Нехай вихідна речовина A перетворюється в продукт F. Перетворення йде через 2 послідовні стадії з утворенням проміжних реагентів B і D: $A \xrightarrow{k_1=0,1} B \xrightarrow{k_2=0,05} D \xrightarrow{k_2=0,04} F$. Кожна зі стадій має перший порядок. Константи швидкостей окремих стадій відомі і дорівнюють: k_1 = 0,1, k_2 = 0,05, k_3 = 0,04. Необхідно розрахувати та побудувати кінетичні криві для кожного з учасників реакції, якщо відомо, що до початку реакції реакційна суміш складалася лише з реагенту A.

Розв'язання цього прикладу складається з декількох етапів. Спочатку складається система диференціальних рівнянь, яка містить похідні dc_i/dt для кожного з учасників реакції. Розв'язуємо задачу за допомогою блоку Given/Odesolve. У цьому блоці записуються всі рівняння системи, причому кожне рівняння зазначається окремо. Окрім рівнянь, у блоці задаються початкові умови для всіх змінних системи. Далі звертаємось до функції Odesolve. Ця функція використовується для чисельного розв'язання системи диференціальних рівнянь. Вона обчислює значення змінних у заданих межах часу, відповідно до заданих умов. Приклад використання інструментів MathCAD, включаючи вхідні дані та результати моделювання, показаний на *рис. 1.*

Слід зауважити, що кінетичні криві, зображені на *рис. 1*, побудовані не на основі їх розрахунку за аналітичними формулами, а як результат чисельного розв'язання відповідної системи диференціальних рівнянь. До речі, розглянута система рівнянь має відносно простий аналітичний розв'язок, тому можна порівняти результати чисельних розрахунків з кінетичними кривими, побудованими за аналітичними формулами. Таким чином, засоби Mathcad для чисельного розв'язання систем диференціальних рівнянь дають змогу швидкого розрахунку кінетичних кривих усіх учасників складного багатостадійного хімічного процесу. Оскільки незалежною змінною в кінетичних задачах є час t, то розглянутий підхід можна використовувати для комп'ютерного моделювання динаміки зміни будь-якої функції часу на основі диференціальної моделі процесу. Багато аналогій з кінетичними моделями хімічних реакцій можна знайти в інших галузях знань (мікробіологія, соціологія тощо). Розгляд відповідних прикладів дуже корисний для формування практичних навичок складання диференціальних моделей.

Приклад 2 [6]. Нехай у деякій популяції чисельністю N розповсюджується інфекційне захворювання. Змоделювати розповсюдження епідемії.

Розв'язання. Популяцію можна розбити на 3 групи: здорові особини, які потенційно можуть бути інфіковані (позначимо їх кількість $S(t)$), носії інфекції – $I(t)$ і ті хто, перехворівши, уже одужав і набув імунітету або помер (їх кількість позначимо через $R(t)$).

Типову еволюцію особин популяції описує діаграма:

$S \to I \to R$ або $\textit{вразливий} \to \textit{хворий} \to \textit{здоровий}$.

Очевидно, що в будь-який момент часу повинно виконуватися співвідношення $S + I + R = N$, якщо система замкнена (тобто відсутні демографічні процеси і процеси міграції).

Щоб записати математичну модель розповсюдження епідемій, припустимо, що всі контакти рівноймовірні, а швидкість переходу інфікованих у групу особин, що набули імунітету, визначається параметром γ.

Враховуючи, що перехід із групи S у групу I відбувається при зустрічах, застосуємо при моделюванні кількісний закон про частоту зустрічей: частота зустрічей пропорційна добутку кількості индивідумів двох груп.

Припущення про те, що швидкість зміни чисельності популяції здорових і заражених, по суті справи, є сильно ідеалізованим спрощенням, але може використовуватися як перше наближення до реальності.

Тоді розвиток епідемії буде описуватися рівняннями:

$$\begin{cases}\dfrac{dS}{dt}=-\beta SI,\\[4pt] \dfrac{dI}{dt}=\beta SI-\gamma I,\\[4pt] \dfrac{dR}{dt}=\gamma I,\end{cases} \qquad (1)$$

де β,γ – додатні параметри; $\dfrac{1}{\gamma}$ – середній час хвороби.

Знайдені розв'язки системи (1) в пакеті MathCad при початкових умовах

$$S(0)=S_0>0,$$

$$I(0)=I_0>0,$$

$$R(0)=R_0\geq 0$$

зображені на *рис. 2*.

Проведемо деякі аналітичні дослідження. З першого та другого рівнянь цієї системи маємо

$$\frac{dI}{dS}=-\frac{(\beta S-\gamma)I}{\beta SI}=$$

$$=-1+\frac{\sigma}{S},\ \sigma=\frac{\gamma}{\beta}. \qquad (2)$$

Звідси, враховуючи початкові умови, знаходимо

$$I+S-\sigma\ln S=$$

$$=I_0+S_0-\sigma\ln S_0.$$

Це є перший інтеграл системи (1). За його допомогою можна побудувати фазові криві на площині (S,I) (*рис. 2*).

Оскільки третє рівняння системи (1) незалежне і $\dot{S}(t)\leq 0$, то фазовим простором можна вважати трикутник, заданий співвідношенням $S(t)+I(t)\leq N$.

З другого рівняння системи (1) випливає, що кількість заражених спочатку зростає (це умова початку епідемії), якщо $\beta S_0-\gamma>0$ або $S_0\sigma^{-1}>1$, потім при $S_0=\sigma$ досягає свого максимального значення

$$\mathrm{I}_{max}=I_0+S_0-$$

$$-\sigma+\sigma\ln\frac{\sigma}{S_0},$$

а якщо $S_0\sigma^{-1}<1$, то кількість захворілих монотонно зменшується до нуля.

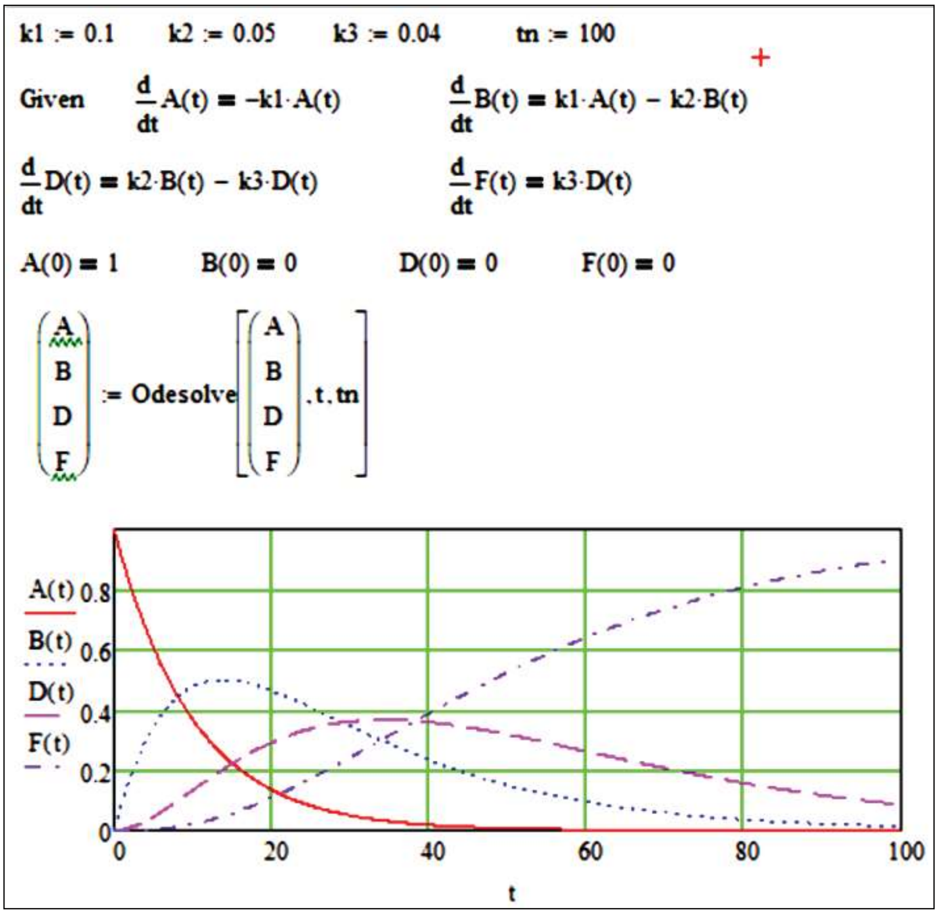

Рис. 1. *Чисельне розв'язання системи диференціальних рівнянь в математичному пакеті MathCad*

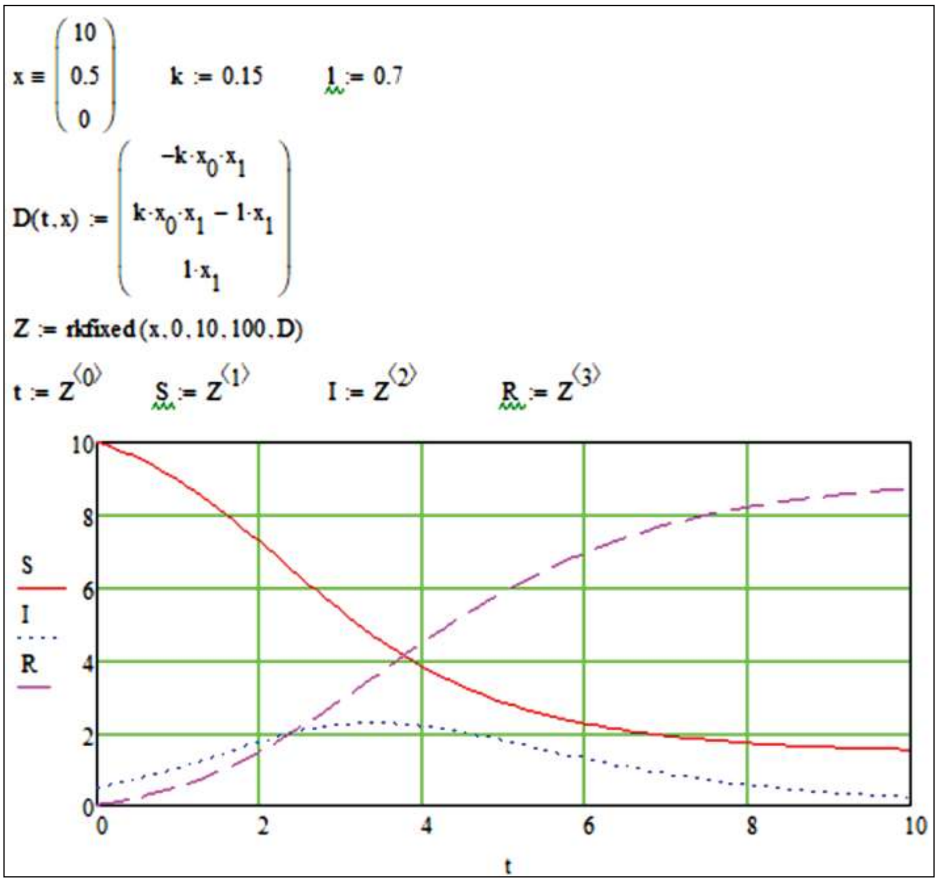

Рис. 2. *Комп'ютерне моделювання системи (1): динаміка чисельності здорових S(t), захворілих S(t) та тих, хто переніс захворювання й одужав R(t).*

З першого та третього рівнянь системи (1) маємо

$$\frac{dS}{dR} = -\frac{S}{\sigma} \Rightarrow S = S_0 \exp\left(-\frac{R}{\sigma}\right). \quad (3)$$

Оскільки $I(t) \to 0$ при $t \to \infty$ і $R(\infty) = N - S(\infty)$, то для знаходження кількості тих, хто не захворів, одержуємо трансцендентне рівняння

$$S(\infty) = S_0 \exp\left(-\frac{N - S(\infty)}{\sigma}\right).$$

Останнє рівняння завжди має розв'язок на проміжку $(0, \sigma)$.

У рівнянні для $S(\infty)$ перейдемо від абсолютних величин до відносних, а саме: розглянемо величину $z = \frac{S(\infty)}{N}$ (значення z можна трактувати як частку здорових S, які не підхопили інфекцію). Якщо припустити, що при $t = 0$ $S_0 = N$, то одержимо

$$z = e^{-R_0(1-z)}, \quad (4)$$

де $R_0 = S_0\sigma^{-1}$. Рівняння (4) – це стандартне рівняння для фінального розміру епідемії, яке справедливе не тільки в рамках моделі (1), а й у багатьох інших випадках. Величина R_0 називається основним репродуктивним числом і описує середню кількість заражених одним хворим, який потрапив у цілковито здорову популяцію. R_0 характеризує імунітет усієї популяції, а не однієї особини.

Очевидно, що рівняння (4) має корінь $z = 1$, але нас цікавить корінь, що знаходиться в межах від нуля до одиниці. Легко побачити, що корінь $z^* \in (0, 1)$ існує при $R_0 > 1$.

Останнє твердження можна трактувати так: нехай ми маємо численну популяцію, всі індивідуми якої мають однакові характеристики вразливості, тоді в такої популяції кількість індивідумів, що не підхопили інфекцію, не дорівнює нулю. Це означає, що епідемія не вражає усіх і тому популяція зможе відродитися.

З рівняння (4) можна оцінити R_0 для різних хвороб, якщо відома частина популяції, яка залишалася здоровою

$$R_0 = \frac{\ln z^*}{z^* - 1}.$$

Наприклад, для краснухи $R_0 = 6{,}4$; для віспи – 4,0; для грипу – 1,44. Тут можна отримати цікавий висновок.

Якщо відома оцінка основного репродуктивного числа, то при вакцинації популяції немає необхідності робити щеплення всім індивідумам, щоб уникнути можливої епідемії. Необхідно привити імунітет такій частині p популяції, щоб R_0 стало меншим за одиницю, тобто

$$\frac{N - pN}{\sigma} < 1 \Rightarrow p > 1 - \frac{\sigma}{N} \Rightarrow p > 1 - \frac{1}{R_0}.$$

Отже, для уникнення епідемії потрібно вакцинувати тільки частину популяції (для віспи 70-80%, для грипу 31%).

Таким чином, використання спеціалізованого програмного забезпечення, такого як MathCad, значно спрощує процес моделювання та забезпечує гнучкість у розв'язанні задач різної складності.

Висновки. Метод моделювання є важливим елементом математичної підготовки майбутніх учителів природничо-наукових дисциплін, що забезпечує їхню здатність аналізувати складні явища та формувати математичні моделі. Використання методу моделювання сприяє формуванню критичного мислення, розвитку практичних навичок і вмінь, а також інтеграції теоретичних знань із практичними завданнями. Поєднання теоретичних основ моделювання з реальними прикладами та застосуванням спеціального програмного забезпечення сприяє ефективному навчанню, підвищує мотивацію студентів та якість їхньої підготовки. Перспективами подальших наукових розвідок вбачаємо у розробці та впровадженні в освітній процес системи лабораторних практикумів і організації індивідуальної дослідницької роботи студентів, що передбачає активне використання комп'ютерних технологій для математичного моделювання природних процесів.

Список використаних джерел:

1. Возняк Г.М., Возняк О.Г. Математика. Прикладні задачі: від теорії до практики. Тернопіль: Мандрівець, 2003. 196 с.
2. Волошена В.В. Розвиток умінь математичного моделювання старшокласників у процесі навчання природничо-математичних предметів: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.09. Київ, 2017. 236 с.
3. Дудик М.В. Формування математичної компетентності вчителів природничо-наукових дисциплін. *Методика навчання природничих дисциплін у середній і вищій школі (XXVII Каришинські читання)*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Полтава: Астрая, 2020. С. 203–204.
4. Коробов В.І., Очков В.Ф. Хімічні розрахунки в середовищі Mathcad: навч. посібник. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2012. 216 с.
5. Мартинюк М., Декарчук М., Хитрук В. Теорія і методика підготовки «бакалавра освіти: природничі науки» на засадах інтегративного освітньо-галузевого підходу. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* 2017. Вип. 11. Ч. 4. С. 80–85.
6. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.
7. Рибак С.М. Міжпредметні зв'язки природничо-математичних і спеціальних дисциплін у підготовці вчителя фізики: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Вінниця, 2004. 250 с.
8. Соколенко Л.О. Методика реалізації прикладної спрямованості шкільної алгебри і початків аналізу: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 1997. 245 с.
9. Соколюк О.М. Моделювання у навчально-пізнавальній діяльності учнів: аспект природничо-математичних предметів. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки.* 2018. Вип. 169. С. 144-149.
10. Bykov V.I., Tsybenova S.B., Yablonsky G. Chemical Complexity Via Simple Models: Modelics. De Gruyter, 2018. 374 p.
11. Ebeling W. Structurbildung bei irreversiblen Prozessen. Eine Einfuhrung in die Theorie dissipativer Strukturen. Rostock: BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1976. 194 p.
12. Gould H., Tobochnik J., Christian W. An introduction to computer simulation methods: applications to physical systems (Third Edition). Addison-Wesley, 2016. 720 p.
13. Haken H. Advanced Synergetics. Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices. Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag, 1983. 356 p.

14. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry. Wiley, 2016. 672 p.
15. Ledder G. Modeling in Biology. In: *Mathematical Modeling for Epidemiology and Ecology. Springer Undergraduate Texts in Mathematics and Technology*. Cham: Springer, 2023. P. 3–44.
16. Motta S., Pappalardo F. Mathematical modeling of biological systems. *Briefings in Bioinformatics*. 2013. Vol. 14, Issue 4. P. 411–422.
17. Potter D.E. Computational Physics. London, New York: J. Wiley, 1973. 304 p.

Mykhailo DUDYK, Yuliia RESHITNYK

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

THE METHOD OF MODELING AS AN INTEGRATIVE BASIS OF THE MATHEMATICAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF NATURAL SCIENCES

Abstract. The article is devoted to the justification of the method of mathematical modeling as the basis of the course «Mathematical Methods of Natural Sciences», which is recommended for inclusion in the list of free choice disciplines within the educational program «Secondary Education (Natural Sciences)» of the first (bachelor's) level of higher education. The role of the course in the formation of critical thinking, the development of skills in solving applied problems, analyzing scientific data and applying information technologies is considered. The article describes in detail the algorithm for building mathematical models – from the formulation of the problem to its analysis using analytical or numerical methods. Special attention is paid to the use of modern software, in particular the MathCad package, which simplifies the modelling process thanks to ready-made algorithms and allows students to focus on the physical analysis of processes. Examples of problems are given that demonstrate the effectiveness of using mathematical packages in modeling natural phenomena. It has been shown that modeling contributes to the integration of theoretical knowledge with practical skills, forms key competencies (mathematical, information and digital), and improves the quality of training of future teachers for teaching natural sciences.

Key words: mathematical preparation, natural sciences, mathematical methods, modeling, information technologies

References:

1. Voznyak H.M., Voznyak O.H. Matematyka. Prykladni zadachi: vid teoriyi do praktyky. Ternopil′: Mandrivets′, 2003. 196 s.
2. Voloshena V.V. Rozvytok umin′ matematychnoho modelyuvannya starshoklasnykiv u protsesi navchannya pryrodnycho-matematychnykh predmetiv: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.09. Kyyiv, 2017. 236 s.
3. Dudyk M.V. Formuvannya matematychnoyi kompetentnosti vchyteliv pryrodnycho-naukovykh dystsyplin. *Metodyka navchannya pryrodnychykh dystsyplin u seredniy i vyshchiy shkoli (XXVII Karyshyns'ki chytannya)*: materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Poltava: Astraya, 2020. S. 203–204.
4. Korobov V.I., Ochkov V.F. Khimichni rozrakhunky v seredovyshchi Mathcad: navch. posibnyk. Dnipropetrovs′k: Vyd-vo DNU, 2012. 216 s.
5. Martynyuk M., Dekarchuk M., Khytruk V. Teoriya i metodyka pidhotovky «bakalavra osvity: pryrodnychi nauky» na zasadakh intehratyvnoho osvitn′o-haluzevoho pidkhodu. *Naukovi zapysky. Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoyi i tekhnolohichnoyi osvity*. 2017. Vyp. 11. Ch. 4. S. 80-85.
6. Matsenko V.H. Matematychne modelyuvannya: navchal′nyy posibnyk. Chernivtsi: Chernivets′kyy natsional′nyy universytet, 2014. 519 c.
7. Rybak S.M. Mizhpredmetni zv'yazky pryrodnycho-matematychnykh i spetsial′nykh dystsyplin u pidhotovtsi vchytelya fizyky: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.04. Vinnytsya, 2004. 250 s.
8. Sokolenko L.O. Metodyka realizatsiyi prykladnoyi spryamovanosti shkil′noyi alhebry i pochatkiv analizu: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.02. Kyyiv, 1997. 245 s.
9. Sokolyuk O.M. Modelyuvannya u navchal′no-piznaval′niy diyal′nosti uchniv: aspekt pryrodnycho-matematychnykh predmetiv. *Naukovi zapysky. Seriya: Pedahohichni nauky*. 2018. Vyp. 169. S. 144–149.
10. Bykov V.I., Tsybenova S.B., Yablonsky G. Chemical Complexity Via Simple Models: Modelics. De Gruyter, 2018. 374 p.
11. Ebeling W. Structurbildung bei irreversiblen Prozessen. Eine Einfuhrung in die Theorie dissipativer Strukturen. Rostock: BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1976. 194 p.
12. Gould H., Tobochnik J., Christian W. An introduction to computer simulation methods: applications to physical systems (Third Edition). Addison-Wesley, 2016. 720 p.
13. Haken H. Advanced Synergetics. Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices. Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag, 1983. 356 p.
14. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry. Wiley, 2016. 672 p.
15. Ledder G. Modeling in Biology. In: *Mathematical Modeling for Epidemiology and Ecology. Springer Undergraduate Texts in Mathematics and Technology*. Cham: Springer, 2023. P. 3–44.
16. Motta S., Pappalardo F. Mathematical modeling of biological systems. *Briefings in Bioinformatics*. 2013. Vol. 14, Issue 4. P. 411–422.
17. Potter D.E. Computational Physics. London, New York: J. Wiley, 1973. 304 p.

Отримано: 20.10.2024