

5. Liaudis, V. Ya. (1992). *Innovatsionnoe obuchenie i nauka: Nauchno-analiticheskiy obzor* [Innovative Teaching and Science: A Scientific and Analytical Review], *Nauchno-analytycheskiy obzor. pod red. V. Ya. Liaudys, Moskva*, 52 s.
6. Kachalova, L. P. (2006). *Pedagogicheskaya improvizatsiya: teoreticheskoe obosnovanie osnovnykh ponyatiy, obespechivayuschikh dissertatsionnoe issledovanie* [Improvised Teaching: Theoretical Substantiation of the Basic Concept]: monografiya, Shadrinsk: *Iset'*, 185 s.
7. *Novyi tlumachnyi slovnyk ukrayinskoyi movi, 1992* [New Explanatory Dictionary of the Ukrainian Language], U 4 t., T. 2, Kyiv: Akonit, 910 s.
8. Semenova, A. P. (2006). *Slovnyk-dovidnyk z profesiynoyi pedagogiky* [Reference Dictionary on Professional Pedagogy]; [red.-uporiad. A.V. Semenova], Odesa; Palmira, 272 s.
9. Rozumna, T. S., 2015. Aktivizatsiya piznavalnoyi diyalnosti studentiv zasobami proektnoyi tekhnologiyi na zanyattyakh z inozemnoyi movi u VNZ [Promotion of University Students' Foreign Language Class Cognitive Activity by Means of Project Technology], *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu imeni Alfreda Nobelia. Seriya «Pedahohika i psykholohiia», № 2 (10), s. 275-279.*

DOI: <https://doi.org/10.32626/2309-9763.2020-29-285-294>
УДК 378.14+004.42

Коломієць Альона Анатоліївна,

канд. пед. наук, доцент кафедри вищої математики
Вінницький національний технічний університет
Вінниця, Україна
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7665-6247>
alona.kolomiets.vnt@gmail.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПОГЛИБЛЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ ІНЖЕНЕРА

Анотація. У статті розглянуто основні питання математичного моделювання, зроблено аналіз досліджень науковців, що присвячені обраній проблемі. Дослідження науковців розкривають різні аспекти математичної підготовки студентів технічних спеціальностей, які охоплюють застосування математичних знань до розв'язування застосункових задач, проектування розв'язків математичних моделей тощо.

Проблемі впровадження в навчальний процес методу математичного моделювання присвячена ціла низка робіт науковців. Водночас поза увагою залишилося дослідження концепції з математичного моделювання задач, що вивчаються студентами галузі електроніки та телекомунікації. Тому в роботі запропоновано декілька прикладів, які можна використати в процесі математичної підготовки майбутніх бакалаврів спеціальностей саме цієї галузі. Проведені дослідження дефініції «модель» дали змогу зробити висновок про те, що це поняття характеризується двома аспектами: модель є схематичним аналогом простішого явища чи процесу, і, по-друге, модель дає можливість певною мірою описати явище, спростивши деякі його елементи.

Під поняттям математичної моделі будемо розуміти абстрактну модель, яка зображає систему S математичних відношень, що описує певний процес чи явище. Водночас у роботі підкреслено, що модель не може повністю показати змодельований процес чи явище. Основна функція моделі – це продемонструвати зв'язки, що входять до явища, процесу чи системи, що моделюється.

У роботі наведено приклад застосування методу моделювання в процесі математичної підготовки майбутніх фахівців галузі електроніки та телекомунікації. Зокрема, подані приклади побудови математичних моделей для електричних кіл.

У роботі наведена поетапна схема процесу моделювання. Проаналізовано використання СКМ у процесі математичного моделювання. Зокрема, для прикладу проаналізовано запропоновані в посібниках математичні моделі та шляхи їхнього розв'язання. Зроблено висновок про те, що знання студентів щодо побудови математичних моделей, які розглядаються в курсі вищої математики, допоможуть вибрати адекватну математичну модель для розв'язання певної проблеми в майбутній професійній діяльності.

Ключові слова: модель; математичне моделювання; математична підготовка; інженер.

1. ВСТУП / INTRODUCTION

Постановка проблеми. Впровадження нових наукоємних технологій значно підвищує вимоги до фахівців щодо рівня фундаментальних знань, зокрема з математики, і взагалі до рівня підготовки випускників вищих навчальних закладів інженерного профілю. Конкуренція на ринку праці вимагає від них володіння глибокими професійними знаннями з використанням математичних методів та вміння застосовувати їх у практичній діяльності.

Базовим складником підготовки фахівців технічних спеціальностей є їхня математична підготовка [1]. Це пов'язано із такими чинниками: фундаментальність математичної підготовки; спрямованість курсу вищої математики на використання математичних методів та вміння застосовувати їх у практичній діяльності; відповідності навчальних програм із математики всім формам навчання; дисципліна «Вища математика» є фундаментальною, знання якої є основою для навчання інших загальноосвітніх, загальноінженерних та спеціальних дисциплін. Треба додати, що не лише інженерна професія вимагає глибоких професійних знань як основи продуктивної й ефективної праці, і цьому не може бути заперечень, але знання з фундаментальних дисциплін на сучасному етапі необхідне молоді в будь-якій галузі діяльності. Практика свідчить про те, що інженер, який має глибокі знання з фундаментальних дисциплін, вільно орієнтується в потоці наукової й технічної інформації, легко сприймає й засвоює найновіші досягнення у своїй професійній діяльності. Усвідомленість знань передбачає не тільки розуміння різних суттєвих і несуттєвих зв'язків об'єкта моделювання, але і шляхів їхнього одержання, способів встановлення. Саме тому процес моделювання є на передньому плані у фундаментальній професійній підготовці майбутніх інженерів, а дисципліни математичного циклу слугують цьому базою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. До основних ознак математичної підготовки можна віднести: вміння володіти фундаментальними математичними знаннями [1], єдність математичних знань і вмінь, творче застосування математичного апарату до дослідження й розв'язання прикладних інженерно-професійних задач.

Різні аспекти математичної підготовки студентів ВНЗ було розглянуто в дослідженнях К. В. Власенко, В. І. Клочка, Т. В. Колесник, Н. В. Матвіїшеної, Л. І. Нічуговської, С. А. Ракова, Л. Л. Панченко, Н. В. Рашевської, О. В. Семеніхіної, О. І. Скафи. У роботах вчених обґрунтована концепція підвищення якості математичної освіти майбутніх фахівців в умовах застосування математичного моделювання. Вчені

у своїх дослідженнях обґрунтували вибір провідного напрямку модернізації методичних систем навчання математики майбутніх фахівців саме через реалізацію такого підходу. Водночас у роботах більшості відомих нам дослідників не розглядаються проблеми навчання вищої математики й математичного моделювання студентів галузі електроніки й телекомунікації. Що стало прогалиною в цілісній концепції впровадження математичного моделювання в навчальний процес у вищих технічних навчальних закладах.

Важливим складником фундаментальної математичної освіти майбутніх технічних фахівців має бути опанування ними методу математичного моделювання [2]. Методологію моделювання обґрунтовано А.М. Колмогоровим, А.Д. Мишкісом, О.А. Самарським, А.М. Тихоновим. Формування вмінь математичного моделювання під час вивчення курсу вищої математики є одним із важливих завдань методики навчання математики майбутніх бакалаврів галузевого напрямку електроніки та телекомунікації [3].

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ / AIM AND TASKS

Метою статті є висвітлення основних аспектів математичного моделювання в процесі математичної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей, зокрема майбутніх фахівців галузі електроніки та телекомунікації.

З-поміж **завдань** є поглибити дослідження у визначенні поняття «модель», навести алгоритм побудови математичної моделі в процесі математичної підготовки майбутніх технічних фахівців, надати перелік дій, які мають виконувати студенти під час побудови та розв'язання математичної моделі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ / RESEARCH FINDINGS

Центральне місце процесу моделювання посідає дефініція «модель», яка має неоднозначне тлумачення в роботах науковців. Часто дослідники, говорячи про модель певного процесу, не акцентують увагу на описі поняття модель, а застосовують цей термін інтуїтивно. Проте доцільно дати визначення цьому поняттю та описати основні його характеристики. Розглянемо різні підходи до визначення тлумачення цього поняття. На думку науковців В. Краєвського і В.Полонського під терміном «модель» треба розуміти певний конкретний результат, узагальнення практичного досвіду, водночас модель не є прямим результатом експерименту [4, с. 268]. Дамо означення математичної моделі.

Математичною моделлю будемо називати абстрактну модель $Y = F(X, S)$, яка репрезентує систему S (під символом S будемо розуміти параметри системи) у вигляді математичних відношень. Як правило, йдеться про систему математичних співвідношень, що описують процес або явище (S), за відповідними вхідними значеннями X внутрішніх параметрів дістати вихідні значення Y об'єкта моделювання, що вивчається. У загальному розумінні така модель є множиною символічних об'єктів і співвідношень між ними.

Дослідниця В. Пикельна окреслила моделювання як *метод наукового дослідження, механізм визначення перспективи руху*. [5, с. 248].

Підсумовуючи думки вчених, можна констатувати, що модель включає два значення: по-перше, вона є схематичним аналогом простішого явища чи процесу, і, по-друге, модель дає можливість певною мірою описати явище, спростивши деякі його елементи. Тому не можна описуваний за допомогою моделі процес чи явище й повністю ототожнювати з його моделлю, адже модель буде передавати дещо спрощену інформацію. Водночас модель, що описує явище, процес дає нагоду досліднику пізнати зміст цього

явища, процесу, зрозуміти його основні характеристики.

Сприйняття процесів, станів, об'єктів у процесі моделювання відбувається через сприйняття моделі, що уособлює реальний процес чи стан. Тут йде мова про перенесення певним чином властивостей об'єкта, стану чи процесу на модель. Спроектвана модель (в її аналітичному записі) дає можливість зрозуміти структуру взаємозв'язків між елементами процесу, явища що моделюються.

Для розрахунків у задачах під час вивчення спеціальних дисциплін будують математичну модель, що відповідає, наприклад, графічному зображенню електричного кола.

Наведемо приклад. Приклад 1. Нехай задано коло послідовно з'єднаних елементів за умови синусоїдного струму (рисунок 1.). Записати математичну модель, що описує процеси, коли та поєднує в собі в цілісній взаємодії елементи кола.

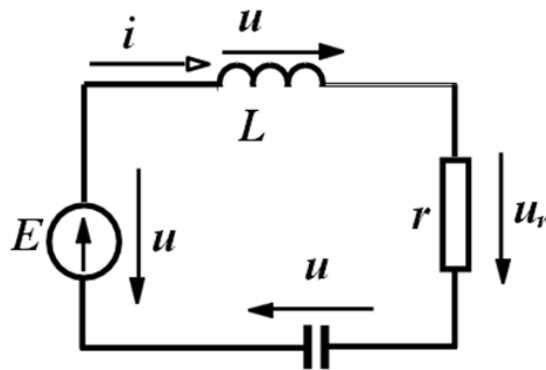


Рис.1. Коло з послідовно з'єднаними елементами r , L , C і синусоїдним джерелом напруги.

Для цього кола можна записати таку математичну модель поєднання елементів кола $U_m \sin(\omega t + \beta) = I_m Z \sin(\omega t + \alpha + \varphi)$.

Доцільно підкреслити студентам, що в цьому випадку (при послідовному з'єднанні елементів r , L , C) амплітуда прикладеної напруги і струм пов'язані законом Ома $U_m = Z I_m$

Наведемо ще один приклад. Приклад 2. Нехай задано лінійне коло (Рисунок 2)

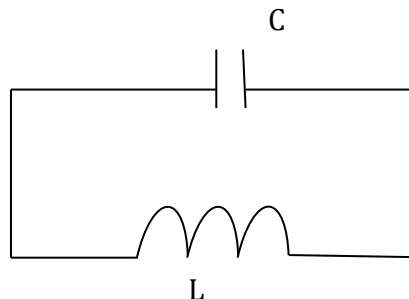


Рис. 2. Графічне зображення коливального контура

Записати математичну модель коливального контура (залежності ємності та індуктивності).

Розв'язок.

$Lq'' + \frac{q}{C} = 0$. Матимемо диференціальне рівняння другого порядку.

Приклад 3. Нехай задано електричне коло (рисунок 3).

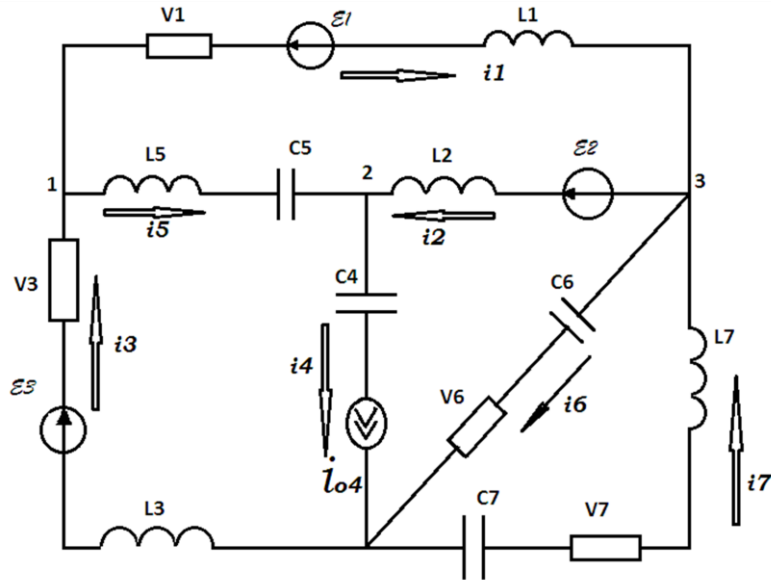


Рис. 3. Схема електричного кола

Знайти силу струму $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$

Для цього кола складемо математичну модель.

Наприклад, для схеми, поданої на рисунку 3 маючи матрицю-стовпець струмів

$$[i] = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \\ i_7 \end{bmatrix} \text{ і вузлову матрицю } \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

отримуємо систему рівнянь множенням цих матриць (застосовуємо перший законом Кірхгофа).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \\ i_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Множення цих матриць дасть можливість записати систему рівнянь:

$$\begin{aligned}i_1 - i_3 + i_5 &= 0; \\ -i_2 + i_4 - i_5 &= 0; \\ -i_1 + i_2 + i_6 - i_7 &= 0.\end{aligned}$$

У процесі моделювання студенти виконують такі розумові дії:

- записують математичну модель для реальних об'єктів або процесів. У процесі цього активізується пізнавальна діяльність студентів.
- проводять визначення умов, коли процес моделювання буде можливим.

Математична модель описаного процесу демонструє явища, що відбуваються в процесі й передає його суть, водночас надаючи математичного забарвлення.

- визначення реального об'єкта та його моделі. Розв'язання задачі завершено, але не менш важливо провести аналіз отриманого результату на відповідність його фізичному змістові умови задачі.

Формування вмінь студентів виконувати кожен з перелічених дій, сукупність яких забезпечує володіння таким прийомом діяльності, як заміщення (перенесення), відбувається у процесі розв'язування відповідних застосункових завдань.

Тобто за своєю сутністю математичне моделювання конкретної прикладної задачі передбачає запис цієї задачі символічною математичною мовою.

Процес моделювання включає такі етапи:

1. *Попередній аналіз об'єкта дослідження та формулювання задачі.* Студенти разом із викладачем детально вивчають процес, що розглядається в задачі, визначаються головні параметри, суттєві й несуттєві зв'язки й залежності між головними характеристиками процесу, закони, яким він підлягає.
2. *Побудова математичної моделі.* Добір (побудова) моделей об'єктів або процесів, що показують у математичній формі найважливіші його властивості – закони, яким він підлягає, зв'язки, притаманні його складовим частинам тощо, і є математичною моделлю.
3. *Дослідження математичної моделі математичними методами.* Проводиться аналіз та пошук математичних методів, за допомогою яких можна реалізувати модель і зробити певні висновки про модельовані об'єкти чи процес.
4. *Ми схилиємося до думки більшості дослідників проблеми моделювання, що цей процес – процес моделювання складається з двох рівнів. Перший рівень моделювання – фундаментальний рівень. Він охоплює побудову загальних моделей, що відповідають процесам чи явищам, відповідає широким класам прикладних задач. Такого типу моделювання можна зустріти в дослідженнях науковців, їхніх монографіях чи статтях. Цей рівень моделювання демонструє загальну картину наукової роботи, у моделі дослідник хоче показати взаємозв'язки між концептуальними поняттями та положеннями.*

Другий рівень моделювання – це доопрацювання моделей першого рівня. Це рівень, на якому в моделі відбувається коригування параметрів залежно від поставленого завдання. Тобто відбувається деталізація процесу. У разі необхідності модель коригується, формується нова її схема і т. ін.

Окреслимо переваги математичного моделювання в загально професійній підготовці майбутніх інженерів:

- застосовуючи математику, студенти й навчаються використовувати набуті раніше математичні знання. Це може бути під час вивчення математики в аудиторії або поза нею, або також – застосовуючи математику на заняттях з інших дисциплін;

- необхідно спонукати студентів висловлювати думки мовою математики не лише під час іспиту, але також під час виконання письмових завдань, захисту типових розрахунків, під час виступу на конференціях та в інших ситуаціях;
- вивчати математику, не лише шляхом виконання домашніх завдань, але й розв'язуючи нестандартні приклади, брати участь у виконанні проєктів та робити власні відкриття, як на заняттях, так і за межами аудиторії.

Реалізації цих концептуальних положень опанування знаннями з математики сприяє використанню й систематизації набутих знань та включення їх у ширший зміст, наприклад, фаховий предметний.

Вивчення спеціальних дисциплін вимагає використовувати операції з такими математичними об'єктами, розв'язувати рівняння в частинних похідних за методами Д'Аламбера (поширення хвиль), відокремлення змінних (рівняння Лапласа, Пуассона, Гельмгольца), визначати структури полів (типи хвиль) у хвилевідних лініях та об'ємних резонаторах.

З іншого боку, чільне місце в підготовці майбутнього фахівця посідає вміння застосовувати системи комп'ютерної математики (СКМ). Підготовка майбутнього фахівця до використання інформаційно-комунікаційних технологій має відбуватися не лише на заняттях із дисциплін природничо-наукового циклу, а насамперед під час вивчення фундаментальних дисциплін.

СКМ класу MathCAD мають високі класну систему чисельних обчислень, проте дещо обмежену систему символічних перетворень. Проте, графічні можливості різних версій MathCAD мало чим поступаються графіці складніших СКМ.

Щодо символічних обчислень і числових розрахунків СКМ Maple та Mathematica мають приблизно однакові можливості. Зазначимо, що інтерфейс Maple є інтуїтивно зрозумілішим, ніж у системи Mathematica.

Як ілюстрацію застосування СКМ Maple до курсу вищої математики можна навести навчальні посібники [7, с. 8]. Слід мати на увазі, що СКМ переважно використовується лише після виконання студентом усіх перерахованих етапів. А на всіх інших етапах розв'язання задачі студент проявляє власні міркування, що базуються на отриманих фундаментальних природничих та спеціальних знаннях та підкріплюватися логікою інженерного та математичного мислення. Якщо недооцінювати цей суттєвий момент, можна дуже легко потрапити до ситуації, коли підсумком проведених обчислень є отримання абсолютно точного з математичного погляду, але абсолютно неприйняттого з погляду фізичної суті розглянутого явища кінцевого результату.

Також треба зауважити таке щодо використання СКМ. Необхідно наводити приклади, які розв'язуються аналітично (наприклад, розв'язання диференціального рівняння), так із застосуванням методів СКМ. Студенти мають бачити, що коли програма СКМ надає розв'язок диференціального рівняння за допомогою гіперболічних функцій (а раніше отриманий розв'язок за допомогою експоненціальних функцій), то це лише альтернативний розв'язок із точністю до символічних перетворень.

Програмне забезпечення СКМ, що застосовується в навчальному математичному моделюванні також дає можливість вирішувати основні завдання технічних задач у професійній діяльності фахівця, але вони мають низку недоліків у порівнянні із комплексами програм, що використовуються в наукових дослідженнях. Тому навчання студентів має поєднуватися з оцінюванням характеристик застосування СКМ, з роз'ясненням недоліків методів і програм, з описом перспектив розроблення числових методів та їхнього програмного забезпечення.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ / CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

Отже, студенти мусять усвідомити, що знаючи про переваги математичних моделей, які розглядаються в курсі вищої математики, вони можуть потім вибрати адекватну математичну модель для розв'язання певної проблеми в майбутній професійній діяльності. Набуті знання дають можливість діставати необхідну інформацію; ефективніше виконувати дії над об'єктом дослідження; спростити побудову математичної моделі, компактніше її подати.

Знання студентів відповідатимуть сучасному рівню вимог, студенти матимуть навички наукових досліджень, вони мають навчитися відносно вільно володіти математичним апаратом і вміти будувати математичні моделі, адекватні процесам, що вивчаються в спеціальних дисциплінах. Навчання вмінню створювати математичні моделі і з їхньою допомогою розв'язувати спеціальні задачі – одна із першочергових проблем у підготовці майбутніх спеціалістів і, зокрема, показати студентам роль і значення вищої математики в дослідженнях у їхніх спеціальностях.

Формування розуміння майбутніми інженерами того, що обчислювальний процес може залежати від коливання параметрів значно сильніше, ніж це підказує інтуїція, має здійснюватися не лише під час аналізу результатів моделювання, а і в процесі вивчення курсу математики. Важливим напрямом **подальших досліджень** є проектування математичних моделей професійно-орієнтованих задач для студентів галузі електроніка та телекомунікації, а також побудова керованої моделі математичного моделювання в процесі розв'язування застосункових задач із застосуванням СКМ.

5. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ТРАНСЛІТЕРАЦІЯ / REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Alpers, B. A., 2013. *Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*. A Report of the Mathematics Working Group. Brussels: European Society for Engineering Education, 88 p.
2. Ключко, В.І., Коломієць, А.А., 2013. Комп'ютерне моделювання як основа фундаментальної підготовки менеджерів. *Наукові записки Вінницького державного пед. ун.-ту ім. М. Коцюбинського. Серія: Педагогіка і психологія: Зб. наук. пр, Вип 39*, с. 175–180.
3. Коточигов, А.М., 2015. Взаимное влияние математики и инженерного моделирования. *Компьютерные инструменты в образовании, № 3*, с. 26–31.
4. Краевский, В.В., Полонский, В.М., 2001. *Методология для педагога: теория и практика*, Волгоград: Перемена, 2001, 324 с.
5. Пикельная, В.С., 1993. Теория и методика моделирования управленческой деятельности (школоведческий аспект): *дис... доктора пед. наук: 13.00.01 «Теория и история педагогики»*, Кривой Рог, 374 с.
6. Кухарчук, В.В., Ведміцький, Ю.Г., 2006. Математична й електричні моделі перетворювача моменту інерції тіл обертання з двома ступенями вільності. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 1(5)*, с. 8–11.
7. Михалевич, В. М., 2004. *Maple Комп'ютерна підтримка курсу вищої математики в технічному вузі*, Ч. 1, Лінійна й векторна алгебра. Аналітична геометрія. Навч. посібник, Вінниця: ВНТУ, 111 с.
8. Михалевич, В.М., 2008. *Математичне програмування разом з Maple* Частина I. Методи розв'язування задач лінійного програмування. Навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 158 с.

MATHEMATICAL MODELLING AS A MEANS OF DEEPENING FUNDAMENTAL MATHEMATICAL EDUCATION OF ENGINEERS

Alona Kolomiets,

Candidate of pedagogical sciences,
associate professor Department of Higher Mathematics
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, Ukraine
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7665-6247>
alona.kolomiets.vnt@gmail.com

Abstract. The main issues of mathematical modelling are considered in the article, the analysis of scholarly research devoted to the chosen issue is made. Researchers revealed various aspects of mathematical training of students of technical specialties, which include the application of mathematical knowledge to solve applied problems, designing solutions of mathematical models, etc.

A number of works of scientists are devoted to the problem of introduction of the method of mathematical modelling of the educational process. Meanwhile, the study of the concept of mathematical modelling of problems studied by students in the field of Electronics and Telecommunications lacks due consideration. Thus, the paper offers several examples that can be used in the process of mathematical training of future bachelors in this field.

Studies of the definition of "model" allowed us to conclude that this concept is characterized by two aspects: the model is a schematic analogue of a simpler phenomenon or process, and secondly, the model allows describing the phenomenon to some extent, simplifying some of its elements.

We construe the concept of mathematical model as an abstract model that reflects the system S of mathematical relations, which describes a particular process or phenomenon. At the same time, it is emphasized in the paper that the model cannot fully reflect the simulated process or phenomenon. The main function of the model is to display the connections that are part of a phenomenon, a process or system being modelled.

The paper presents an example of the application of the modelling method in the process of mathematical training of future specialists in the field of electronics and telecommunications. In particular, examples of construction of mathematical models for electric circuits are given.

The paper presents a step-by-step scheme of the modelling process. The use of SCM in the process of mathematical modelling is analysed. Specifically, the mathematical models proposed in the manuals and ways to solve them are analysed. It is concluded that students' knowledge of designing mathematical models, which are considered in the course of higher mathematics, will help to choose an adequate mathematical model to solve a problem in future professional activities.

Keywords: model; mathematical modelling; mathematical training; engineering.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Alpers, B. A., 2013. Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. *A Report of the Mathematics Working Group*. Brussels: *European Society for Engineering Education*, 88 p.
2. Klochko, V.I., Kolomiets A.A., 2013. Kompiuterne modeliuвання yak osnova fundamentalnoi pidhotovky menedzheriv [Computer modeling as a basis for fundamental

- training of managers]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho ped. un-tu im. M.Kotsiubynskoho. Serii: Pedagogika i psykholohiia*: Zb. nauk. pr, Vyp, 39, s. 175–180.
3. Kotochigov, A. M., 2015. Vzaimnoye vliyaniye matematiki i inzhenerenogo modelirovaniya [Mutual influence of mathematics and engineering modeling], *Kompyuternyye instrumenty v obrazovanii*, № 3, s. 26–31.
 4. Krayevskiy, V.V. Polonskiy V.M., 2001. Metodologiya dlya pedagoga: teoriya i praktika [Methodology for the teacher: theory and practice], Volgograd: *Peremena*. 2001, 324 s.
 5. Pikelnaya, V.S. 1993. Teoriya i metodika modelirovaniya up-ravlencheskoy deyatel'nosti (shkolovedcheskiy aspekt) [Theory and methods of modeling management activities (school aspect)]: *dis... doktora ped. nauk: 13.00.01 "Teoriya i istoriya pedagogiki"*, Krivoy Rog, 374 s.
 6. Kukharchuk, V.V., Vedmitskiy, Yu.H., 2006. Matematychna i elektrychni modeli peretvoriuvacha momentu inertsii til obertannia z dvoma stupeniamy vlnosti [Mathematical and electrical models of the converter of the moment of inertia of bodies of rotation with two degrees of freedom], *Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia*, № 1(5), s. 8–11.
 7. Mykhalevych, V.M., 2004. Maple. *Kompiuterna pidtrymka kursu vyshchoi matematyky v tekhnichnomu vuzi. Ch. 1. Liniina y vektorna alhebra. Analitychna heometriia* [Maple. Computer support for a higher mathematics course at a technical university. Part 1. Linear and vector algebra. Analytical geometry], Navch. posibnyk, Vinnytsia: VNTU, 111 s
 8. Mykhalevych, V.M., 2008. *Matematychni prohramuvannia razom z Maple. Chastyna I. Metody rozviazuvannia zadach liniinoho prohramuvannia* [Mathematical programming together with Maple. Part I. Methods for solving linear programming problems], Navchalnyi posibnyk, Vinnytsia: VNTU, 158 s.

DOI: <https://doi.org/10.32626/2309-9763.2020-29-394-305>
УДК 378.011.3–051:78

Лабунець Віктор Миколайович,

доктор педагогічних наук, професор кафедри музичного мистецтва
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-0955>
gitaraclassic@gmail.com

Карташова Жанна Юрївна,

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри музичного мистецтва
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7368-9249>
gitaraclassic@gmail.com

**ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА
ДО ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЯК ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА**

Анотація. Проаналізовано підходи і визначено сутність готовності майбутнього вчителя музичного мистецтва до інноваційної діяльності в закладах середньої освіти. Уточнено сутність понять «інноваційні процеси», «інноватика» та