



DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-004

РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ MS EXCEL

Наталія ГОНГАЛО ✉

Поліський Національний університет, Україна
 nataliiahonhalo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1183-7215>

IMPLEMENTATION OF CROSS-DISCIPLINARY RELATIONS IN THE LEARNING PROCESS HIGHER MATHEMATICS USING MS EXCEL

Nataliia HONHALO ✉

Polissia National University, Ukraine
 nataliiahonhalo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1183-7215>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У сучасному світі математична освіта є важливим компонентом підготовки майбутніх інженерів. Вивчення математики відіграє ключову роль у освітній системі професійної освіти: з одного боку, виступає у ролі системотвірної ланки, суттєво впливаючи на інтелектуальну здібність студентів до навчання; з іншого боку, забезпечує готовність майбутніх фахівців до застосування математики в професійній діяльності та інших галузях. Така двоїстість впливає на вибір методів навчання та формування комплексу задач у процесі викладання математичних дисциплін. У статті розглянута реалізація міждисциплінарних зв'язків, як одного з можливих методів у навчанні вищої математики, що дозволяє розв'язувати наявні протиріччя між розрізненістю засвоєння знань і необхідністю їх застосування.

Матеріали і методи. В результаті дослідження був проведений системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури існуючого освітнього досвіду використання міждисциплінарних зв'язків до математичної підготовки майбутніх інженерів, узагальнення власного педагогічного досвіду викладання дисципліни «Вища математика» для студентів інженерних спеціальностей.

Результати. Представлена методика реалізації міждисциплінарних зв'язків вищої математики та фізики з використанням засобів MS Excel на прикладі інтегрованого практичного заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». У якості прикладу застосування лінійної алгебри для розв'язання інженерних задач в галузі електротехніки наведено приклад розрахунку струмів у розгалужених лінійних електричних колах. Підкреслена важливість фундаментальної підготовки та професійного спрямування майбутніх інженерів під час вивчення математичних, загальноосвітніх та фахових дисциплін.

Висновки. Важливим фактором якісного викладання вищої математики студентам інженерних спеціальностей є реалізація міждисциплінарних зв'язків з іншими дисциплінами. Пропонований методичний підхід у проведенні зазначеного вище інтегрованого заняття дозволяє значно підвищити зацікавленість студентів до вивчення математики, сприяє процесу формування фахових та загальних компетентностей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: математична освіта; формули Крамера; матричний метод; розгалужене лінійне електричне коло; міждисциплінарні зв'язки; інженерна освіта; інтегроване заняття; засоби MS Excel.

ABSTRACT

Formulation the problem. In today's world, math education is an important component of training future engineers. The study of mathematics plays a key role in the educational system of vocational education: on the one hand, it acts as a system-creating link, significantly affecting the intellectual ability of students to learn; on the other hand, ensures the readiness of future professionals to apply mathematics in professional activities and other fields. This duality affects the choice of teaching methods and the formation of a set of problems in the teaching of mathematical disciplines. The article considers the implementation of cross-disciplinary links as one of the possible methods in teaching higher mathematics, which allows for the resolution of the existing contradictions between the differences in the acquisition of knowledge and the need for their application.

Materials and methods. As a result of the study, a systematic analysis of the scientific, educational and methodological literature of the existing educational experience of using cross-disciplinary links to mathematical training of future engineers, generalization of own pedagogical experience of teaching the discipline "Higher Mathematics" for engineering students.

Results. The method of realization of cross-disciplinary connections of higher mathematics and physics with the use of MS Excel on the example of an integrated practical lesson on "Solving systems of linear algebraic equations by Cramer's formulas and matrix method" for students majoring in "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". An example of the application of linear algebra to solve engineering problems in the field of electrical engineering is the example of calculating currents in branched linear electric circuits. The importance of fundamental training and professional orientation of future engineers in the study of mathematical, general, and professional disciplines is emphasized.

Conclusions. An important factor in the quality teaching of higher mathematics to engineering students is the implementation of cross-disciplinary links with other disciplines. The proposed methodological approach in conducting the above-mentioned integrated lesson allows significantly increases the interest of students in studying mathematics and contributes to the process of formation of professional and general competencies.

KEYWORDS: mathematical education; Cramer's formulas; matrix method; branched linear electric circuit; cross-disciplinary connections; engineering education; integrated lesson; MS Excel tools.

ВСТУП

Постановка проблеми. Проблема удосконалення математичної освіти майбутніх інженерів висуває передусім питання формування фундаментальної освіти студентів, але знання тільки окремих понять, фактів не сприяє формуванню цілісної картини об'єкту, що вивчається. У процесі вивчення математичних дисциплін студенти інженерних спеціальностей мають усвідомити, що математика дає зручні способи описання (моделі) різноманітних явищ реального світу. Математика як навчальний предмет має величезний світоглядний потенціал, що полягає насамперед у її міждисциплінарних зв'язках, які розкриваються в навчальному процесі при вирішенні прикладних завдань з різних предметних областей.

Для цитування:

Гонгало Н. Реалізація міждисциплінарних зв'язків в процесі навчання вищої математики з використанням MS Excel. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 32-37. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-004
 Гонгало, Н. (2022). Реалізація міждисциплінарних зв'язків в процесі навчання вищої математики з використанням MS Excel. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

For citation:

Honhalo, N. (2022). Implementation of cross-disciplinary relations in the learning process higher mathematics using MS Excel. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>
 Honhalo, N. (2022). Realizatsiia mizhdystyplinarynykh zviazkyv v protsesi navchannia vyshchoi matematyky z vykorystanniam MS Excel [Implementation of cross-disciplinary relations in the learning process higher mathematics using MS Excel]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

Однак, як показує багаторічний педагогічний досвід та дослідження, недостатність змістовних зв'язків між дисципліною «Вища математика» та іншими дисциплінами є одною з суттєвих причин наявності у майбутніх інженерів не тільки формального засвоєння матеріалу, але і низького інтересу до математики. Брак часу, відведеного на вивчення математики на інженерних спеціальностях ускладнює розв'язання вказаної проблеми. Одним з можливих підходів до визначеного її розв'язання є реалізація міждисциплінарних зв'язків у процесі навчання математичних дисциплін з загальноосвітніми, фаховими дисциплінами на основі використання інформаційних комп'ютерних технологій (ІКТ).

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз наукових доробок вітчизняних і зарубіжних дослідників показав, що у науковій літературі, під міждисциплінарними зв'язками розуміють систему відношень між знаннями, уміннями і навиками, що формуються в результаті послідовного відображення об'єктивних зв'язків із реальністю в засобах, методах і змісті навчальних дисциплін (Волобуєва, 2015). Дотримання міждисциплінарних зв'язків, як вважає Волобуєва (2015), є однією з важливих психолого-педагогічних умов підвищення науковості й доступності навчання, його зв'язку із навколишньою дійсністю, активізації підготовчої діяльності й удосконалення процесу формування знань, умінь і навичок у суб'єктів навчання. (Волобуєва, 2015). Однак, Страх та Лукашова (2016) зазначають, що встановлення міждисциплінарних зв'язків є досить складною задачею навіть у межах однієї спеціальності, оскільки передбачає не лише перегляд змісту програм відповідних навчальних дисциплін, а й узгодження методики роботи різних викладачів (Страх & Лукашова, 2016).

Теоретичні принципи реалізації міждисциплінарних зв'язків представлені в роботах О. Jacobs, J. Borland (1986), N.Heitzmann, A. Opitz, M. Stadler, D. Sommerhoff, M. Fink, A. Obersteiner, R. Schmidmaier, B. Neuhaus, S. Ufer, T. Seidel, M. Fischer, F. Fischer (2021), С. Hmelo-Silver, H. Jeong (2021) та інших. Jacobs & Borland (1986) пропонують міждисциплінарну концептуальну модель та наголошують на важливості співіснування міждисциплінарності та дисциплінарності, оскільки міцна орієнтація на дисципліну є необхідною для успіху міждисциплінарних досліджень (Jacobs & Borland, 1986). Міждисциплінарний зміст навчальних програм для студентів інженерних спеціальностей досліджували N. Mestrinho, B. Cavadas, (2018), S. Barnard, T. Hassan, B. Bagilhole, A. Dainty (2013), Navarro, Foutz (2016). Mestrinho & Cavadas (2018) зазначають, що інтеграція навчання природничих наук і математики дає змогу розвивати активність студентів, критичне та творче мислення, міркування та навички розв'язування проблем, водночас це сприяє глибшому концептуальному розумінню обох предметів (Mestrinho & Cavadas, 2018). Jackson (2022) аналізує можливість міждисциплінарних програм сприяти посиленню у студентів математичних навичок. (Jackson, 2022). Міждисциплінарні зв'язки, реалізовані у навчанні вимагають від студентів використання нового та попереднього знання з різних дисциплін, їх застосувати до проблем реального світу, що посилює якість освіти (Navarro & Foutz, 2016).

Методологічні підходи до реалізації міждисциплінарних зв'язків під час викладання математичних дисциплін для студентів інженерних спеціальностей висвітлено в працях О. Грицюк, О. Беспарточної (2016), О.Дюженкової (2018), А. Costa, M. Ferreira, A. Barata, C. Viterbo, J. Rodrigues, J. Magalhães (2018) та інших. Серед основних принципів організації математично підготовки, Грицюк та Беспарточна (2016) бачать фундаментальність та інтеграцію на рівні міждисциплінарних зв'язків, а перспективнішою формою організації занять з математики в вважають інтегровані заняття (Грицюк & Беспарточна, 2016). Дюженкова (2018) розглядає основні підходи, що дають можливість встановити міждисциплінарні зв'язки при вивченні математичних дисциплін студентами інженерних спеціальностей, зокрема, в енергетичній галузі (Дюженкова, 2018). Дюженкова (2018) наголошує, що для якісного засвоєння матеріалу важливо не тільки розуміти суть основних математичних понять і тверджень, а й тлумачити їх з точки зору інших наук та вміти застосовувати для розв'язання професійних задач (Дюженкова, 2018).

Hmelo-Silver & Jeong (2021) узагальнили низку наукових робіт по висвітленню досліджень теорії та практики поєднання освіти та комп'ютерних технологій. Вони вважають, що сумісне навчання з комп'ютерною підтримкою є міждисциплінарним за своєю концепцією (Hmelo-Silver & Jeong, 2021). Реалізація міждисциплінарних зв'язків у процесі навчання вищої математики посилює пізнавальну діяльність студентів, дозволяє перетворити математичні методи на робочий інструмент майбутнього інженера, а використання ІКТ дозволяє будувати навчальний процес більш ефективно.

Значна кількість праць, присвячених міждисциплінарному підходу у викладанні математичних дисциплін свідчить про те, що проблеми виявлення та реалізації міждисциплінарних зв'язків не є новими. Водночас проблема реалізації міждисциплінарних зв'язків у викладанні дисципліни «Вища математика» з використанням комп'ютерних технологій для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» висвітлена недостатньо, що зумовило актуальність даного дослідження.

Мета статті представити методичний підхід реалізації міждисциплінарних зв'язків вищої математики та фізики з використанням засобів MS Excel на прикладі інтегрованого практичного заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті дослідження було проведено: системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури існуючого освітнього досвіду використання міждисциплінарних зв'язків до математичної підготовки майбутніх інженерів, узагальнення власного педагогічного досвіду викладання дисципліни «Вища математика» для студентів інженерних спеціальностей.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наведемо методичний підхід до реалізації міждисциплінарних зв'язків математики та фізики з використанням засобів MS Excel під час проведення практичного інтегрованого заняття за темою «Розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

I етап. Математична складова. Застосування базових понять лінійної алгебри для розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом на прикладі розв'язання задачі 1.

Задача 1. Розв'язати систему лінійних рівнянь за формулами Крамера та матричним способом.

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = -7 \\ 3x_1 - x_2 - 2x_3 = 3 \\ 5x_1 - x_2 + 4x_3 = -1 \end{cases} \quad (1)$$

Розв'язання: а) *Формули Крамера.* Використаємо формули $x_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}$, $i = \overline{1, n}$, де $\Delta = \det A \neq 0$ – визначник системи;

Δ_i одержується з Δ шляхом заміни i -го стовпця стовпцем вільних членів.

$$\text{Обчислимо визначник } \Delta: \Delta = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 46 \neq 0. \text{ Так як визначник системи не дорівнює нулю, її можна}$$

розв'язати за формулами Крамера. Обчислюємо допоміжні визначники:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -7 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ -1 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 46; \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & -7 & 4 \\ 3 & 3 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 92; \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & -7 \\ 3 & -1 & 3 \\ 5 & -1 & -1 \end{vmatrix} = -46. \text{ Тоді, } x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{46}{46} = 1, x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{92}{46} = 2, x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-46}{46} = -1.$$

Відповідь: $x_1=1; x_2=2; x_3=-1$.

б) *Матричний метод.* Представимо систему (1) в матричній формі. Позначимо через A – матрицю коефіцієнтів при невідомих; X – матрицю-стовпець невідомих; B – матрицю-стовпець вільних членів:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Тоді система (1) може бути записана у вигляді матричного рівняння $A \cdot X = B$, розв'язок якого знаходимо за формулою:

$$X = A^{-1} \cdot B. \quad (2)$$

Визначник матриці A не дорівнює нулю ($\Delta \neq 0$), тому для матриці A існує обернена матриця A^{-1} :

$$A^{-1} = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} \end{pmatrix}, \text{ де } A_{ij} - \text{ алгебраїчне доповнення елемента } a_{ij}; A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ji}.$$

Знаходимо алгебраїчні доповнення елементів матриці:

$$A_{11} = -6; A_{12} = -22; A_{13} = 2; A_{21} = 4; A_{22} = -16; A_{23} = -9; A_{31} = 8; A_{32} = 14; A_{33} = 5.$$

Тоді $A^{-1} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6 & 4 & 8 \\ -22 & -16 & 14 \\ 2 & -9 & 5 \end{pmatrix}$. За формулою (2) знаходимо розв'язок системи рівнянь в матричній формі:

$$X = A^{-1} \cdot B = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6 & 4 & 8 \\ -22 & -16 & 14 \\ 2 & -9 & 5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \\ -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6(-7) + 4 \cdot 3 + 8(-1) \\ -22(-7) + (-16) \cdot 3 + 14(-1) \\ 2(-7) + (-9) \cdot 3 + 5(-1) \end{pmatrix} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} 46 \\ 92 \\ -46 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Відповідь: $x_1=1; x_2=2; x_3=-1$.

На даному етапі важливо наголосувати, що передбачити всі аспекти застосування математики в професійній діяльності майбутніх фахівців доволі складно, а тим більше розглянути всі ці аспекти під час проведення аудиторних занять, тому необхідно перш за все оволодіти базовими математичними поняттями та методами, щоб в подальшому формувати здатність використовувати математичні методи в енергетиці.

II етап. Розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом з використанням засобів MS Excel. Для порівняння часу на розв'язання візьмемо умову попередньої задачі.

Слід зауважити, що Excel відноситься до програмного забезпечення загального призначення, тобто його використання не потребує спеціальних знань від студентів. Основні принципи роботи з електронними таблицями відомі ще зі школи. Тому застосування табличного процесору Excel, а саме вбудованих функцій МОПРЕД(), МОБР(), МУМНОЖ() до розв'язання систем лінійних рівнянь за методом Крамера та матричним методом є більш доцільним. (Добровольська, 2018).

Задача 2. Розв'язати СЛАР (1) з використанням MS Excel.

Розв'язання: Етапи розв'язання наведено на рис 1.

На даному етапі важливо наголосувати на те, що використання інформаційних технологій, зокрема табличного процесору MS Excel, дозволяє значно прискорити час розв'язання СЛАР, але не виключає знання методів їх розв'язку.

III етап. Реалізація міждисциплінарних зв'язків «математика-фізика» з використанням засобів MS Excel. У якості прикладу розглянемо застосування СЛАР для розрахунку струмів у розгалужених лінійних електричних колах. Перед її розв'язком необхідно повторити теоретичні питання дисципліни «Фізика»: вузол, вітки, струм, розгалужене електричне коло, правила Кірхгофа. Виділені поняття є базовими для студентів також під час вивчення «Основ теоретичної електротехніки», тому можна говорити про пропедевтику даної дисципліни.

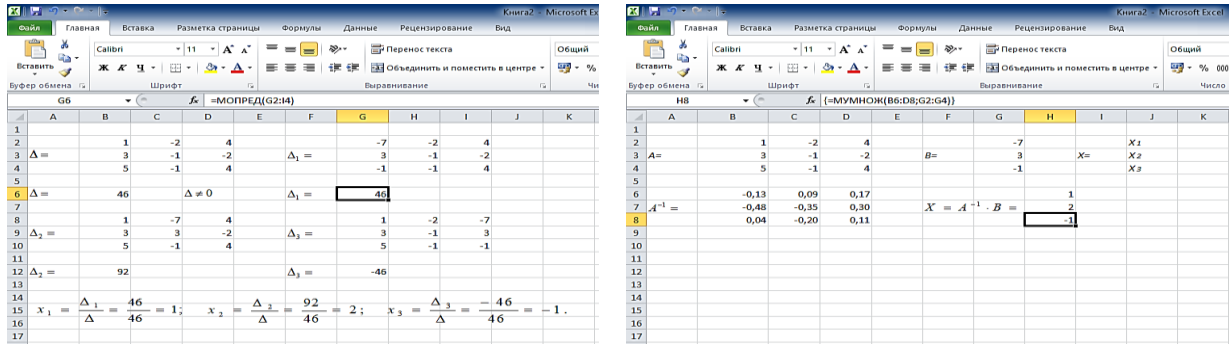


Рис. 1. Розв'язання системи (2) за формулами Крамера та матричним методом

Задача 3. Знайти струми у вітках розгалуженого електричного кола, зображеного на рис. 2 (Курило та ін., 2006) при відомих значеннях опорів резисторів та параметрів джерел струмів та ЕРС: $r_1 = 6 \text{ Ом}$; $r_2 = 8 \text{ Ом}$; $r_3 = 4 \text{ Ом}$; $r_4 = 5 \text{ Ом}$; $r_5 = 7 \text{ Ом}$; $r_6 = 9 \text{ Ом}$; $E_1 = 150 \text{ В}$; $E_2 = 200 \text{ В}$; $E_4 = 160 \text{ В}$; $E_6 = 80 \text{ В}$.

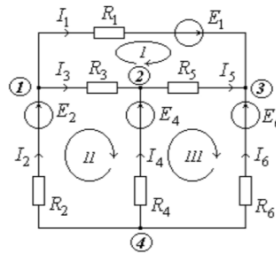


Рис. 2. Розгалужене електричне коло

Розв'язання. Математичний опис розгалужених електричних кіл складається методом законів Кірхгофа. Досліджувана система має 6 віток та 4 вузли, з них незалежними є 3 вузли. Позначимо їх цифрами 1, 2, 3. До незалежних вузлів додаємо 3 незалежних контури: I, II, III. Виберемо напрямки струмів у вітках та додатні напрямки у незалежних контурах. Незалежні рівняння першого закону Кірхгофа запишемо для 1-го, 2-го та 3-го вузлів:

$$\begin{aligned} 1. I_2 - I_1 - I_3 &= 0; \\ 2. I_3 + I_4 - I_5 &= 0; \\ 3. I_1 + I_5 + I_6 &= 0. \end{aligned}$$

Кількість незалежних контурів дорівнює трьом. Рівняння для цих контурів мають вигляд:

$$\begin{aligned} I. I_1 R_1 - I_5 R_5 - I_3 R_3 &= E_1; \\ II. I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4 &= E_2 - E_4; \\ III. I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_6 R_6 &= E_4 - E_6. \end{aligned}$$

В системі лінійних рівнянь, складеної за законами Кірхгофа, кількість рівнянь буде дорівнювати кількості змінних. Підставляючи числові значення, одержимо наступна систему із шести рівнянь з шести невідомими:

$$\begin{cases} I_2 - I_1 - I_3 = 0; \\ I_3 + I_4 - I_5 = 0; \\ I_1 + I_5 + I_6 = 0; \\ 6I_1 - 7I_5 - 4I_3 = 150; \\ 8I_2 + 4I_3 - 5I_4 = 40; \\ 5I_4 + 7I_5 - 9I_6 = 80. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язання системи високого порядку є досить громіздким та затратним по часу, проте застосування MS Excel, дає можливість оптимізувати процес обчислень та зекономити час на аналіз отриманого розв'язку. Розв'яжемо систему за формулами Крамера та матричним методом за допомогою MS Excel. Розрухунки наведемо на рис. 3-4.

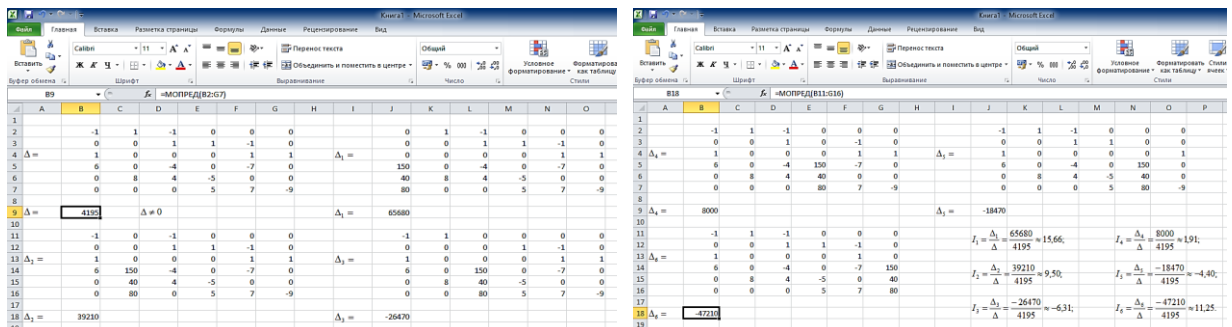


Рис. 3. Розв'язання системи (3) за формулами Крамера

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2													
3			-1	1	-1	0	0	0		0			I_1
4		0	0	1	1	-1	0			0			I_2
5		1	0	0	0	0	1	1		0			I_3
6	$A=$	6	0	-4	0	-7	0		$B=$	150		I_4	
7		0	8	4	-5	0	0			40			I_5
8		0	0	0	5	7	-9			80			I_6
9													
10													
11			-0,22	-0,02	0,30	0,08	0,03	0,03			15,66		
12			0,41	0,23	0,24	0,03	0,07	0,03			9,35		
13	$A^{-1} =$		-0,26	0,28	-0,06	-0,05	-0,05	-0,01		$I = A^{-1} \cdot B =$	-6,31		
14			0,37	0,58	0,34	0,00	-0,05	0,04			1,91		
15			0,01	-0,17	0,29	-0,05	0,00	0,03			-4,40		
16			0,22	0,19	0,41	-0,03	-0,03	-0,07			-11,25		
17													

Рис. 4. Розв'язання системи (3) матричним методом

Таким чином, шукані струми знайдено:

$$I_1=15,66; I_2=9,5; I_3=-6,31; I_4=1,91; I_5=-4,40; I_6=11,25(A).$$

Пропонований підхід дозволяє, з одного боку, здійснити пропедевтику дисципліни «Основи теорії електротехніки», з іншого – студенти можуть побачити прикладні можливості математичних методів. Позитивним за такої методики викладання є те, що студенти використовують на математиці спеціальні терміни з інших дисциплін, звикають до них, а це полегшить їм майбутнє вивчення як загальноосвітніх, так і фахових дисциплін та забезпечить міцне засвоєння математичної теорії.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Пропонований методичний підхід у проведенні інтегрованого заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» дозволяє значно підвищити зацікавленість студентів до вивчення математики, сприяє процесу формування фахових та загальних компетентностей.

Встановлення та реалізації міждисциплінарних зв'язків при викладанні математичних дисциплін для студентів інженерних спеціальностей, потребують розширення кола задач, які дають наочне уявлення про роль математичних методів у їхній професійній діяльності. Для вирішення складних професійно спрямованих задач в процесі математичної підготовки майбутніх інженерів необхідно одночасно використовувати математичний інструментарій, професійні знання, які не вимагають спеціальної підготовки, та сучасні комп'ютерні технології. З цією метою, на лекціях і практичних заняттях слід постійно підкреслювати практичну значущість математичних положень, розкривати міждисциплінарні зв'язки з загальнотеоретичними та професійними дисциплінами.

Однак, як показує досвід, важливою проблемою встановлення міждисциплінарних зв'язків при навчанні вищої математики є визначення реального рівня знань із загальноосвітніх та фахових дисциплін, вміння студентів використовувати комп'ютерні технології в процесі навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Barnard, S., Hassan, T., Bagilhole, B., & Dainty, A. (2013). Interdisciplinary Content, Contestations of Knowledge and Informational Transparency in Engineering Curriculum. *Teaching in Higher Education*, 18,(7). <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.836089>.
- Costa, A., Ferreira, M., Barata, A., Viterbo, C., Rodrigues, J., & Magalhães, J. (2018). Impact of interdisciplinary learning on the development of engineering students' skills. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1523135>.
- Heitzmann, N., Opitz, A., Stadler, M., Sommerhoff, D., Fink M., Obersteiner, A., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Ufer, S., Seidel, T., Fischer, M., & Fischer, F. (2021). Cross-Disciplinary Research on Learning and Instruction – Coming to Terms. *Front. Psychol*, 11, art. 562658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.562658>.
- Hmelo-Silver, C., & Jeong, H. (2021). Benefits and Challenges of Interdisciplinarity in CSCL Research: A View From the Literature. *Front. Psychol*, 11, art. 579986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579986>.
- Jackson, D. (2022). Sustainable multi-disciplinary mathematics support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1343-1362. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819572>.
- Jacobs, H. H., & Borland, J. H. (1986). The interdisciplinary concept model: Theory and practice. *Gifted Child Quar. (Fall)*, 30(4), 159–163. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001698628603000403>.
- Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Innovation in Teacher Education: An Integrative Approach to Teaching and Learning Science and Mathematics. *Proceedings*, 2, 1343. <https://doi.org/10.3390/proceedings2211343>.
- Navarro, M., & Foutz, T. (2016). Thompson Sidney Thompson. Development of a Pedagogical Model to Help Engineering Faculty Design Interdisciplinary Curricula. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 28(3), 372–384. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125090.pdf>.
- Волубеєва, О. Ф. (2015). Міждисциплінарні (міжпредметні) зв'язки під час підготовки майбутнього фахівця: психологічний аспект. *Зб. наук. праць Національної академії Держ. прикордонної служби України. Сер.: Психологічні науки*, 1, 26-42. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnarpv_pn_2015_1_517.
- Грицюк, О. С., & Беспарточна, О. І. (2016). Структура математичної підготовки студентів інженерних спеціальностей в аспекті професійної спрямованості навчання. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школі*, 51, 436–443. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2016_51_60.
- Добровольська, Н. В. (2018). Методика використання інформаційних технологій при розв'язанні оптимізаційних задач. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. праць, 52, 290–296. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=25834.pdf>.

12. Дюженкова, О. Ю. (2018). Міжпредметні зв'язки у процесі викладання вищої математики майбутнім інженерам. *Наук. вісник НУБіП України. Сер.: Техніка та енергетика АПК*, 283, 321–327. http://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/8630/1/321_Dyuzhenkova.pdf.
13. Курило, І. А., Намацалюк, І. Н., & Щерба, А. А. (2006). *Розрахунок електричних кіл постійного струму : для студ. електротехнічних напрямів підготовки 0906 "Електротехніка", 0914 "Електроніка", 0914 "Компютеризовані системи, автоматика і управління", 0915 "Компютерна інженерія"*. Київ : НТУУ "КПІ".
14. Страх, О., & Лукашова, Т. (2021). Міждисциплінарні зв'язки при вивченні деяких тем дискретної математики та диференціальних рівнянь. *Фізико-математична освіта*, 3(29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Barnard, S., Hassan, T., Bagilhole, B., & Dainty, A. (2013). Interdisciplinary Content, Contestations of Knowledge and Informational Transparency in Engineering Curriculum. *Teaching in Higher Education*, 18,(7). <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.836089>.
2. Costa, A., Ferreira, M., Barata, A., Viterbo, C., Rodrigues, J., & Magalhães, J. (2018). Impact of interdisciplinary learning on the development of engineering students' skills. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1523135>.
3. Heitzmann, N., Opitz, A., Stadler, M., Sommerhoff, D., Fink M., Obersteiner, A., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Ufer, S., Seidel, T., Fischer, M., & Fischer, F. (2021). Cross-Disciplinary Research on Learning and Instruction – Coming to Terms. *Front. Psychol*, 11, art. 562658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.562658>.
4. Hmelo-Silver, C., & Jeong, H. (2021). Benefits and Challenges of Interdisciplinarity in CSCL Research: A View From the Literature. *Front. Psychol*, 11, art. 579986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579986>.
5. Jackson, D. (2022). Sustainable multi-disciplinary mathematics support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1343–1362. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819572>.
6. Jacobs, H. H., & Borland, J. H. (1986). The interdisciplinary concept model: Theory and practice. *Gifted Child Quar. (Fall)*, 30(4), 159–163. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001698628603000403>.
7. Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Innovation in Teacher Education: An Integrative Approach to Teaching and Learning Science and Mathematics. *Proceedings*, 2, 1343. <https://doi.org/10.3390/proceedings2211343>.
8. Navarro, M., & Foutz, T. (2016). Thompson S.idney Thompson. Development of a Pedagogical Model to Help Engineering Faculty Design Interdisciplinary Curricula. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 28(3), 372–384. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125090.pdf>.
9. Volobueva, O.F. (2015). Mizhdystyplinarni (mizhpredmetni) zviazky pid chas pidhotovky maibutnoho fakhivtsia: psykholohichniy aspekt [Interdisciplinary (interdisciplinary) connections during the training of future specialists: psychological aspect]. *Zb. nauk. prats Natsionalnoi akademii Derzh. prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Ser.: Psykholohichni nauky – Coll. Science. Proceedings of the National Academy of State. Border Guard Service of Ukraine. Ser.: Psychological Sciences*, 1, 26–42. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnapv_pn_2015_1_517. (in Ukrainian).
10. Hrytsyuk, O. S., & Bespartochna, O. I. (2016). Struktura matematychnoyi pidhotovky studentiv inzhenernykh spetsial'nostey v aspekti profesiynoyi spryamovanosti navchannya [The structure of mathematical training of students of engineering specialties in the aspect of professional orientation of education]. *Pedahohika formuvannya tvorchoyi osobystosti u vyshchii i zahal'noosvitniy shkoli – Pedagogy of the formation of a creative personality in higher and secondary schools*, 51, 436–443. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2016_51_60. (in Ukrainian).
11. Dobrovolska, N.V. (2018). Metodyka vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii pry rozviazanni optymizatsiinykh zadach. [Methods of using information technology in solving optimization problems]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannya v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy : zb. nauk. Prats – Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems : Coll. Science. work.*, 52, 290–296. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=25834.pdf>. (in Ukrainian).
12. Dyuzhenkova, O.Y. (2018). Mizhpredmetni zviazky u protsesi vykladannia vyshchoi matematyky maibutnim inzheneram [Interdisciplinary links in the process of teaching higher mathematics to future engineers]. *Nauk. visnyk NUBiP Ukrainy. Ser.: Tekhnika ta enerhetyka APK – Science. Bulletin of NULES of Ukraine. Ser.: Engineering and energy of agro-industrial complex*, 283, 321–327. http://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/8630/1/321_Dyuzhenkova.pdf. (in Ukrainian).
13. Kurilo, I.A., Namatsalyuk, I.N., & Shcherba, A.A. (2006). *Rozrakhunok elektrychnykh kil postiihnoho strumu : dlia stud. elektrotekhnichnykh napriamiv pidhotovky 0906 "Elektrotekhnika", 0914 "Elektronika", 0914 "Kompiuteryzovani systemy, avtomatyka i upravlinnia", 0915 "Kompiuterna inzheneriia"* [Calculation of DC circuits: for students. electrical engineering training areas 0906 "Electrical Engineering", 0914 "Electronics", 0914 "Computerized Systems, Automation and Control", 0915 "Computer Engineering"]. Kyiv : NTUU "KPI". (in Ukrainian).
14. Strakh, O., & Lukashova, T. (2021). Interdisciplinary connections in the study of some topics of discrete mathematics and differential equations. *Physical and mathematical education*, 3(29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>. (in Ukrainian).

