

Scientific journal  
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION  
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал  
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА  
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

Мілюкова І.Р. Застосування математичного пакету MathCAD при розв'язанні задач з фізики. Фізико-математична освіта. 2019. Випуск 2(20). С. 99-106.

Miliukova I. Application The Mathematical Package Of Mathcad For Solving Tasks In Physics. Physical and Mathematical Education. 2019. Issue 2(20). P. 99-106.

DOI 10.31110/2413-1571-2019-020-2-016  
УДК 37.016:53

І.Р. Мілюкова

Приватний вищий навчальний заклад

"Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій", Україна

I.Milyukova@econom.zp.ua

ORCID: 0000-0003-3920-3270

#### ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПАКЕТУ MathCAD ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

##### АНОТАЦІЯ

У статті викладено досвід використання програмного математичного пакету MathCAD при оволодінні студентами коледжу та вищого навчального закладу навичками та вміннями розв'язування фізичних задач з теорії електричних та магнітних кіл.

**Формулювання проблеми:** поширена проблема, що виникає при вивченні фізики пов'язана з недостатнім рівнем знань математики у студентів. Під цим формулюванням розуміється як низький рівень елементарних навичок застосування математичних знань, так і повна відсутність умінь у певних галузях математики, особливо вищої. Наприклад, розв'язання системи п'яти-шести рівнянь методами матричної алгебри або системи диференціальних рівнянь викликає труднощі в переважній більшості студентів. Постає питання застосування ефективного інструменту для подолання цих перепон. Прогнозується, що труднощі, що виникають при застосуванні математики під час вивчення фізики, можуть бути подолані за умови опанування студентами прикладних програм математичних розрахунків.

**Матеріали і методи:** протягом чотирьох років (2014-2018 р.р.) відстежено ефективність використання програми MathCAD у форматі готових шаблонів документів під певний тип завдань. Порівняльний аналіз зроблено у групах студентів коледжу та ПВНЗ "Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій", що вивчали даний програмний матеріал у курсі загальної фізики та у курсі профільної фахової підготовки. Кількість учасників дослідження складає 180. Порівнювалась успішність груп студентів в цілому та індивідуальна динаміка навчальних досягнень кожного студента.

**Результати:** дослідження показало легкість опанування студентами програми MathCAD при вивченні її під конкретні фізичні завдання. Підвищився рівень навчальних досягнень студентів та їхня вмотивованість до процесу навчання.

**Висновки:** ґрунтуючись на результатах дослідження, можна стверджувати, що використання математичного пакету MathCAD під час розв'язання задач є дієвим інструментом підвищення якості фахової освіти в цілому. Полегшення навчання за рахунок автоматизації розрахунків підвищує рівень оволодіння студентами фізичної сутності завдань, осмисленості їхньої діяльності.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** фізика, MathCAD, теорія електричних та магнітних кіл, шаблон робочого листа програми.

##### ВСТУП

**Постановка проблеми.** Найбільш характерними труднощами, з якими стикається викладач та студент під час вивчення курсу фізики є недостатність або недосконалість знань математики та це не має бути перешкодою для оволодіння студентом програмного матеріалу фізики. Викладач в змозі донести до аудиторії будь-якого рівня підготовки фізичний зміст того чи іншого процесу чи явища, пробудити зацікавленість до розуміння оточуючого середовища та закономірностей його існування. Більшість законів фізики є наочними або можуть бути зрозуміло проілюстровані. Якісний опис та пояснення явищ зазвичай не становлять особливих труднощів для студентів. Вступні заняття з більшості тем фізики сприймаються та засвоюються легко. Перші труднощі спостерігаються при переході від якісного розуміння до кількісного опису, одразу відчувається "втрата" певної аудиторії. Студент, що має прогалини у знаннях математики інстинктивно відгороджується від схожого програмного матеріалу фізики, ґрунтуючись на своєму негативному досвіді при вивченні іншого предмету. З огляду на ускладнення програмного матеріалу у старшій та вищій школі, актуальним є розробка

методів та засобів, що сприяють формуванню цілісної картини всесвіту, системності та осмисленості діяльності студентів. Математика при цьому має сприяти процесу пізнання, а не сповільнювати його.

**Аналіз актуальних досліджень.** Застосування математичних пакетів при вирішенні різноманітних фізичних задач досить поширена практика (Єфименко, 2018; Квітка, 2018; Циганкова, 2016; Бладыко, 2013; Коваленко, 2008; Одновол, 2009). Зокрема, у підручниках з MathCAD даються приклади використання програми при розв'язанні різноманітних інженерних та фізичних задач (Макаров, 2011). При великому різноманітті інформаційних ресурсів з цього питання, реальне застосування програми MathCAD студентами гальмується через необхідність окремого вивчення самої програми та створення власних файлів з розрахунками. Навіть дуже якісно розроблені методичні вказівки до роботи з програмою за певною темою неоднаково успішно сприймаються студентами різного рівня підготовки. З огляду на це, пропонується методична розробка у вигляді готового до застосування файлу-шаблону, який використовується при вивченні певної теми з фізики. Тож опанування програмного середовища відбувається паралельно з вивченням фізики, чим досягається нерозривність та відповідність етапів пізнання предмету та можливих засобів його вивчення і аналізу.

При впевненому оволодінні студентами навичок роботи з програмою, здійснюється поступовий перехід до зменшення в готових шаблонах заздалегідь підготовленої до роботи частини та збільшення самостійної творчої роботи студентів над запропонованим завданням.

**Мета статті.** Метою роботи є розробка методичного матеріалу для оптимізації процесу навчання фізики, що має допомогти студентам подолати бар'єри, пов'язані з недосконалими навчальними вміннями та навиками в галузі математики.

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На сьогодні велике розповсюдження отримують математичні пакети Maple, Mathematica, MathCAD. Це програмні продукти, що не вимагають від користувача знань мов програмування, мають зручний інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з функціями, починаючи від звичайного калькулятора та закінчуючи можливістю написання власних програм розрахунків (рис. 1.1). У своїй роботі ми використовуємо портативну версію програми MathCAD 15, що не потребує спеціальної інсталяції на комп'ютер, реєстрації тощо. Це дозволяє використовувати її на будь-якому комп'ютері з будь-якого носія інформації. Даний вибір обґрунтовано тим, що необхідне програмне забезпечення має бути доступним та нескладним у опануванні. Алгоритм роботи програми легкий та зрозумілий, провести перші розрахунки студенти спроможні при першому знайомстві з програмою. Оформлення розрахунку має вигляд, наближений до аркушу з формулами та відповідями, тобто у якійсь мірі відтворює зошит студента (рис. 1.2). Математична система MathCAD надає можливості побудови графіків, що при традиційному підході також викликає труднощі у студентів.

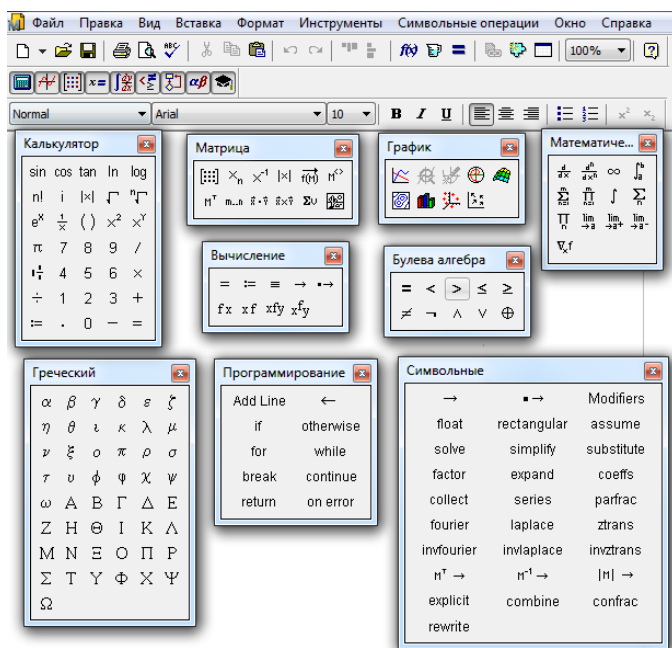


Рис. 1.1. Інтерфейс програми MathCAD 15 та її основні вбудовані функції

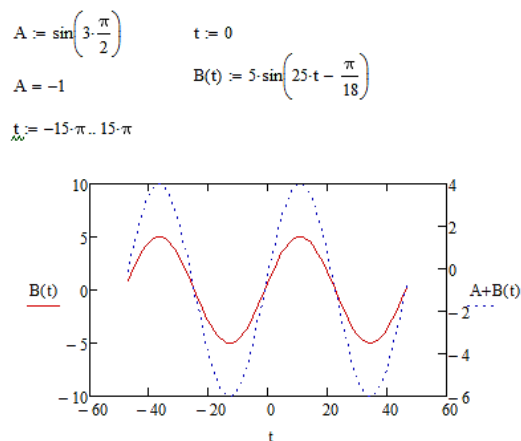


Рис. 1.2. Приклад розрахунку у програмі MathCAD та графічне зображення результату

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації мети дослідження та оцінки ефективності обраного підходу проводилось статистичне спостереження за результативністю навчання груп студентів 2 та 3 курсів коледжу та інституту спеціальності Комп'ютерна інженерія галузі знань Інформаційні технології, що вивчають курс загальної фізики на другому році навчання та профільну дисципліну "Теорія електричних та магнітних кіл" на третьому році навчання. Вивчення загального курсу фізики в цих групах проводилось без залучення додаткових математичних програмних продуктів та базувалась на власних навиках та вміннях студентів. При вивченні Теорії електричних та магнітних кіл та розв'язанні практичних завдань, що є більш складними з математичної точки зору, використовувалось математичне програмне забезпечення MathCAD.

Для якісного використання програмного пакету MathCAD на перших етапах роботи з програмою та для випадків розв'язання задач високого рівня складності можна рекомендувати створення шаблонів робочих листів.

В шаблоні з огляду на тип задачі створюються текстові поля для заповнення основних умов задачі, вносяться відповідні змінні в обмеженій кількості (що дає студенту змогу на власний розсуд додати, вилучити або змінити величини, що фігурують у його завданні) та прописуються необхідні функції. Обсяг деталізації робочого листа має зменшуватися по мірі оволодіння студентами навичок роботи в програмі. З досвіду можна стверджувати, що починаючи з другої-третьої задачі більшість студентів здатні самостійно створити робочий розрахунок типових задач.

Для вірного розв'язання і оформлення задачі студент повинен дотримуватись певного алгоритму у відповідності до типових вимог розв'язання задач фізики.

Основними пунктами при цьому є:

- аналіз умови задачі,
- вибір раціонального способу розв'язання,
- розв'язання і оформлення,
- аналіз і перевірка правильності розв'язання.

Виконання передостаннього пункту є основною метою створення шаблону робочого листа. Таким чином студент вивільняє простір та час для аналітичної і пошукової діяльності, перекладаючи частину розрахунків на спеціалізовані програми.

Розрахунки електромагнітних кіл є досить типовими та добре підходять для ілюстрації переваг, що надають математичні програмні комплекси. Алгоритм розв'язання в даному випадку на три чверті складається з аналізу електричної схеми, її топології, вибору оптимального варіанту розв'язання, а математичний розрахунок зводиться до розв'язання системи рівнянь.

Але при загальній простоті постановки задачі суттєві складності викликає саме математичний розрахунок. Це пов'язане з нетривіальністю методу розв'язання системи рівнянь, яка для випадку трьох і більше рівнянь здебільшого не може бути вирішена методами підстановки, додавання тощо. Таким чином студент отримує дуже обмежені практичні навички розрахунків, бо викладач не може запропонувати для розв'язання більшість схем, що мають декілька розгалужень. І це є наслідком складності розрахунку не з фізичної, а саме з математичної точки зору.

У той же час, з фізичної точки зору це є задачі, що формують у студента багато цінних практичних навичок:

- вміння графічно подати умову задачі, створити просторову модель процесу,
- проаналізувати топологію схеми, визначити роль кожного її елемента,
- самостійно обрати на підставі логічних міркувань шукані параметри схеми (струми, їхні напрямки, напруги),
- спрогнозувати закономірності функціонування схеми в робочому режимі,
- сформулювати в математичній формі закони, яким підпорядковується протікання процесів в системі,
- зробити перевірку правильності розв'язання задачі шляхом використання законів збереження.

З методологічної точки зору є неприпустимим нехтувати таким всебічно корисним тематичним матеріалом лише через складність математичної складової задач.

Для подолання такого бар'єру під час розгляду даної теми студентам пропонується вести всі розрахунки у спеціально створеному шаблоні виконання завдання. Шаблон розроблено таким чином, щоб по завершенні розрахунку робота могла бути одразу здана на перевірку. Для цього в нього були включені наступні данні (відповідні зразки наведено на рис. 1.3, 1.4):

1. Тема роботи та текстове формулювання задачі в загальній формі (уніфікує загальний вигляд всіх робіт, формує звичку до типового оформлення завдань).

2. Графічне зображення схеми з вказанням обраних напрямків шуканих струмів, нумерацією вузлів, головними контурами та напрямками їх обходу (унаочнює вихідні данні та водночас несе елемент творчої візуалізації шуканих параметрів, структурує та фіксує обрані напрямки протікання струмів та контури).

3. Чисельні вихідні параметри схеми з необхідністю їхнього коригування в залежності від конкретних умов завдання. Це спонукає студента проаналізувати умову завдання, виокремити специфіку даної схеми, видалити зайві та додати необхідні параметри (наприклад, представити параметри у комплексній формі).

4. Параметри, що підлягають розрахунку.

5. Топологічні параметри схеми (вимагає чіткого усвідомлення постановки задачі та наслідків, що з неї випливають).

6. Загальний вигляд системи рівнянь з вказанням топологічних елементів схеми, щодо яких складені відповідні рівняння, передбачає самостійне видалення зайвих та додавання недостатніх рівнянь (вимагає чіткого синтаксично вірного формулювання відповідних законів до певних елементів кола, запису рівнянь).

7. Блок математичного розв'язання системи рівнянь (вимагає перевірки відповідності запропонованого у шаблоні формату відповіді до постановки власного завдання – кількості гілок у схемі, їхньої нумерації тощо).

8. Перевірка отриманого рішення складанням балансу потужностей (потребує усвідомлення процесів, що відбуваються у колі, виявляє помилки, допущені під час аналізу кола, вводу вихідних даних, складання системи рівнянь, отримання розв'язання системи).

9. Перевірка отриманого рішення шляхом побудови потенційної діаграми (допомагає окрім перевірки рішення додатково прослідкувати закономірності протікання процесу розповсюдження електричного струму на різних ділянках кола та закріпити правила розрахунку напруги та потенціалів).

10. Графічне зображення результатів розрахунку.

### Розрахунок електричних кіл змінного струму

Виконати розрахунок електричного кола змінного струму: визначити комплексні амплітудні значення струмів у гілках; комплексні амплітудні значення напружень на пасивних елементах; побудувати векторну діаграму напруг для довільно вибраного контуру. Перевірити розв'язання складанням балансу потужностей.

Розрахункова схема електричного кола з вказанням обраних напрямків струмів, нумерацією вузлів, головними контурами, напрямками їх обходу наведено на рис.1.

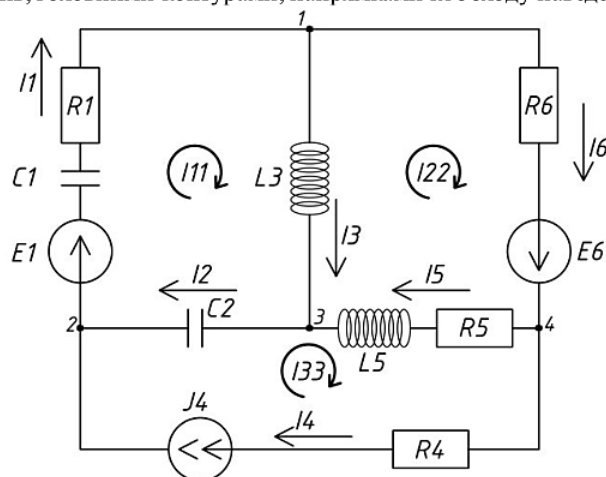


Рис 1. Схема електричного кола

#### Вихідні параметри кола

$R1 := 3 \text{ Ом}$      $R4 := 20 \text{ Ом}$      $L1 := 0 \text{ Гн}$      $L4 := 0 \text{ Гн}$      $C1 := 10^{-2} \text{ Ф}$      $C4 := 0 \text{ Ф}$   
 $R2 := 0 \text{ Ом}$      $R5 := 4 \text{ Ом}$      $L2 := 0 \text{ Гн}$      $L5 := 4 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$      $C2 := 5 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$      $C5 := 0 \text{ Ф}$   
 $R3 := 0 \text{ Ом}$      $R6 := 4 \text{ Ом}$      $L3 := 10^{-2} \text{ Гн}$      $L6 := 0 \text{ Гн}$      $C3 := 0 \text{ Ф}$      $C6 := 0 \text{ Ф}$

$t := 0$      $w := 100$

$J1 := 0$

$J3 := 0$

$J5 := 0$

$J2 := 0$

$J4 := 0.25 \sin\left(100t + \frac{\pi}{18}\right)$

$J6 := 0$

$E1 := 3 \sin(100t)$

$E3 := 0$

$E5 := 0$

$E2 := 0$

$E4 := 0$

$E6 := 20 \sin\left(100t - \frac{\pi}{2}\right)$

#### Комплексна форма параметрів електричного кола

$$Z1 := R1 + j \cdot w \cdot L1 - \frac{j}{w \cdot C1}$$

$$Z3 := R3 + j \cdot w \cdot L3$$

$$Z6 := R6 + j \cdot w \cdot L6$$

$$J4 := 0.25 e^{j \cdot \frac{\pi}{18}}$$

$$Z2 := R2 + j \cdot w \cdot L2 - \frac{j}{w \cdot C2}$$

$$Z5 := R5 + j \cdot w \cdot L5$$

$$E1 := 3 e^{j \cdot 0}$$

$$E6 := 20 e^{j \cdot \frac{-\pi}{2}}$$

#### Необхідно визначити

$$I1 := 0$$

$$I2 := 0$$

$$I3 := 0$$

$$I4 := 0$$

$$I5 := 0$$

$$I6 := 0$$

Рис. 1.3. Зразок оформлення шаблону виконання завдання, частина "Вихідні данні"

### Розв'язання із застосуванням законів Кірхгофа

Число гілок дорівнює - 6. Число вузлів - 4. Число гілок з джерелами струму - 1.  
Число рівнянь за першим законом Кірхгофа - 3.  
Число рівнянь за другим законом Кірхгофа - 2.  
Необхідно скласти систему з 5 рівнянь.

Система рівнянь має вигляд:

Given	
Вузел номер 1	$I_1 - I_3 - I_6 = 0$
Вузел номер 2	$-I_1 + I_2 + I_4 = 0$
Вузел номер 3	$-I_2 + I_3 + I_5 = 0$
Контур номер 1	$I_1 \cdot Z_1 + I_2 \cdot Z_2 + I_3 \cdot Z_3 = E_1$
Контур номер 2	$-I_3 \cdot Z_3 + I_5 \cdot Z_5 + I_6 \cdot Z_6 = E_6$
$I := \text{Find}(I_1, I_2, I_3, I_5, I_6)$ <u>ORIGIN</u> := 1	
$I = \begin{pmatrix} 1.303 + 0.389j \\ 1.057 + 0.345j \\ 2.25 + 1.989j \\ -1.194 - 1.644j \\ -0.947 - 1.6j \end{pmatrix}$	$I_1 := I_1$ $I_1 = 1.303 + 0.389j$ $U_1 := I_1^2 \cdot R_1$ $U_1 = 4.641 + 3.04j$ $I_2 := I_2$ $I_2 = 1.057 + 0.345j$ $U_2 := I_2^2 \cdot R_2$ $U_2 = 0$ $I_3 := I_3$ $I_3 = 2.25 + 1.989j$ $U_3 := I_3^2 \cdot R_3$ $U_3 = 0$ $I_5 := I_4$ $I_5 = -1.194 - 1.644j$ $U_4 := I_4^2 \cdot R_4$ $U_4 = 1.175 + 0.428j$ $I_6 := I_5$ $I_6 = -0.947 - 1.6j$ $U_5 := I_5^2 \cdot R_5$ $U_5 = -5.108 + 15.694j$

Перевірка балансу потужностей.

$$P_{\text{нагр}} := I_1^2 \cdot Z_1 + I_2^2 \cdot Z_2 + I_3^2 \cdot Z_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot Z_5 + I_6^2 \cdot Z_6 \quad P_{\text{ист}} := I_1 \cdot E_1 + (-I_5 \cdot Z_5 - I_2 \cdot Z_2 + I_4 \cdot R_4) \cdot I_4 + I_6 \cdot E_6$$

$$P_{\text{нагр}} = -28.118 + 23.747j \quad P_{\text{ист}} = -28.118 + 23.747j$$

Комплексні значення напруги на пасивних елементах, що входять до 1 контуру:

$$U_1 := I_1 \cdot Z_1 \quad U_2 := I_2 \cdot Z_2 \quad U_3 := I_3 \cdot Z_3$$

$$U_1 = 4.298 - 0.137j \quad U_2 = 0.691 - 2.114j \quad U_3 = -1.989 + 2.25j$$

$$|U_1| = 4.3 \quad \arg(U_1) = -0.032 \quad |U_2| = 2.224 \quad \arg(U_2) = -1.255 \quad |U_3| = 3.003 \quad \arg(U_3) = 2.295$$

Миттєві значення сили струму I2, напруги U2 на конденсатрі; сили струму I3, напруги U3 на котушці індуктивності та їхнє графічне зображення

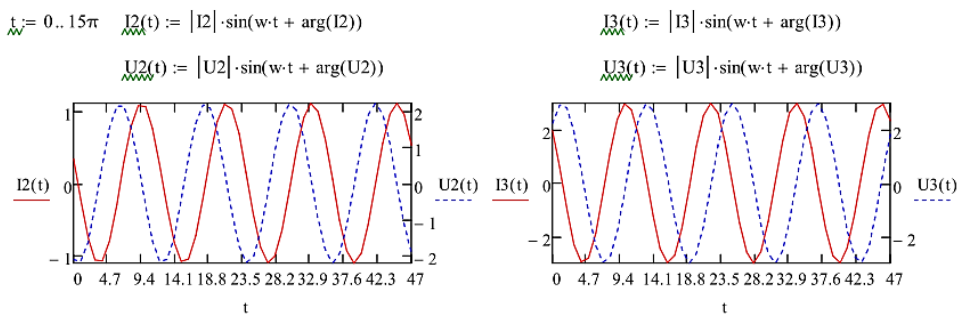


Рис. 1.4. Зразок оформлення шаблону виконання завдання, розрахункова частина

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Протягом чотирьох навчальних років (2014-2018 р.р.) проводилось дослідження ефективності застосування запропонованого методичного підходу шляхом збору суцільних кількісних та якісних даних статистичних спостережень. Кількість студентів, що взяли участь у дослідженні складає вісім академічних потоків, що включили до себе 180 осіб. За основну кількісну змінну взято навчальні досягнення студентів за 100-бальною шкалою ECTS, додатково проводився якісний моніторинг ставлення студентів до навчального процесу при якому аналізувались: відвідування студентами лекційних та практичних занять, активність при самостійній роботі та роботі у групах, використання студентами джерел додаткової інформації, поведінка у нестандартних ситуаціях (наприклад, при отриманні завдання, що не має розв'язання запропонованими стандартними методами взагалі). Отримані статистичні дані було згруповано за вихідним рівнем успішності студентів, за який взято успішність при вивченні загального курсу фізики без оптимізації математичних розрахунків за допомогою програми MathCAD (надалі неоптимізоване навчання - НОН). Порівняння проведено з



успішністю при вивченні предмету фахової підготовки "Теорія електричних та магнітних кіл" із залученням програми MathCAD (надалі оптимізоване навчання – ОН).

При аналізі результативності було виявлено такі залежності:

– студенти, що продемонстрували високий рівень навчальних досягнень при НОН так само зберігають його і під час ОН. Виявляють жвавий інтерес до вивчення програми MathCAD, самостійно опановують інші можливості програми, проводять додаткові розрахунки, що не вимагаються при розв'язуванні конкретних задач, будують графічні залежності, рисунки, що є необхідними при розрахунках виконують в спеціалізованих графічних редакторах та інтегрують їх у файли з розрахунками. В середньому успішність студентів підвищується на 5-7 балів за 100-бальною шкалою;

– студенти, що пройшли НОН на достатньому рівні легко і у повному обсязі опановують необхідний їм набір функцій MathCAD, можуть самостійно на основі базового прикладу провести додаткові розрахунки, здатні провести відладку розрахунку для отримання потрібного результату. За прогресом навчальних досягнень їх можна розділити на дві підгрупи: перша упевнено демонструє високий рівень навчальних досягнень (що можна пояснити тим, що їм не вистачало саме математичної підготовки для успішного опанування фізики), друга залишається на достатньому рівні, але в цілому підвищує свій середній бал на 10-12 за 100-бальною шкалою, тобто з оцінки С на В;

– студенти, що пройшли НОН на середньому рівні навчальних досягнень спочатку чинять певний опір вимогам вивчення нової програми, можуть виявляти незадоволення збільшенням на їхню думку навчальним навантаженням, намагаються спробувати розв'язати завдання звичним їм математичним способом. Після невдалих спроб самостійного рішення задачі та на фоні швидкого просування однокласників, що почали працювати в MathCAD більшість з них роблять свої спроби вивчити програму і у 95% це добре виходить. Завдання вони виконують з певним запізненням, що пов'язане із запізними спробами почати працювати в MathCAD, але більшість виконують його вірно та засвоюють основні принципи розрахунку. Це було б неможливим при вивченні цієї теми за НОН з огляду на складність завдань та середній рівень математичної підготовки. Суттєвий прогрес у навчальних досягненнях демонструє приблизно 35-40% студентів, їхня успішність збільшується на 15-20 балів, вони здатні на достатньому рівні описати та провести аналіз завдання, охарактеризувати основні процеси, прокоментувати отримані результати, деякі з цих студентів здобувають бали високого рівня. Інша підгрупа здатна довести виконання завдання до достатнього рівня, хоча в цілому їхні досягнення не перевищують середнього, що з огляду на складність теми з математичної точки зору можна вважати для них досягненням;

– студенти що балансують на межі початкового та середнього рівня мають складності і з фізичною постановкою задачі і з опануванням нової програми. Вони не виявляють ініціативи та не чинять опору вивченню нового, потребують підтримки, а якщо її не знаходять - одразу лишають усілякі спроби виконати завдання. Робота з ними має характер постійної допомоги та направлення їхніх дій. І тим не менш робота з такими студентами у малих групах, на консультативних заняттях дає добрий результат. Вони спроможні на середньому, а інколи і на достатньому рівні освоїти як фізичний бік розв'язання задачі, так і застосування програми MathCAD. Під постійним керівництвом всі студенти цієї підгрупи опановують даний розділ фізики на середньому рівні.

## ОБГОВОРЕННЯ

Завдяки структуризації алгоритму розв'язання задач, цей процес для студента стає перш за все процесом аналізу, пошуку раціонального підходу, вірного застосування фізичних законів, вибору відповідного алгоритму серед запропонованих, інтерпретації результатів, їхнього узагальнення та пояснення.

Перерозподіл часу, що зазвичай витрачався на опрацювання конкретного виду задачі вбік зменшення рутинних математичних розрахунків дозволив вивести на новий рівень усвідомлення студентом сутності та методології розв'язання задач як таких.

Додаткове вивільнення часу дозволяє викладачу на власний розсуд в залежності від рівня підготовки студентів дозволяє:

- приділити більше уваги роботі над демонстрацією сутності задачі, властивостей явищ, що в ній розглядаються,
- зробити додаткові акценти на послідовність та логіку розв'язання задач,
- приділити більше часу для напрацювання у студентів навичок розв'язання задач шляхом збільшення їхньої кількості,
- урізноманітнити постановку задачі, показати можливі формулювання однієї задачі різними способами,
- продемонструвати розв'язання задач підвищеної складності,
- вивчити нестандартні підходи до аналізу задач та показати рівнозначність отриманих результатів.

В цілому при такому підході спостерігається суттєве збільшення зацікавленості студентів у процесі навчання і підвищення якості навичок у розв'язуванні задач. Розумова діяльність спрямовується не на хаотичний пошук формул, з яких можна "витягнути" шуканий результат з найменшою кількістю математичних перетворень, а на аналіз залежностей та взаємозв'язків, використання загальних законів та їхніх інтерпретацій для конкретних випадків без побоювання ускладнити розрахунок зайвими формулами.

Суттєвим також є те, що у студента зникає страх помилки на всіх етапах роботи із завданням.

Зазвичай джерелами основних помилок є етапи:

- тлумачення умов завдання,
- запис відомих величин з перетворенням їх до системи СІ,
- графічного зображення умов завдання,
- застосування законів та виведення розрахункових формул,
- виконання математичного розрахунку.

У випадку застосування запропонованого алгоритму розв'язання з автоматизованим математичним розрахунком студент починає чітко усвідомлювати, що він має повне право на помилку. Але помилка для нього не буде фатальною, бо:

- наявність перевірки правильності розв'язання миттєво! демонструє вірність чи помилковість ходу рішення,

- виправлення помилок відбувається з однаковою легкістю на будь-якому етапі рішення, незалежно від того у який момент їх було помічено та на який об'єм розрахунку вона впливає,
- помилка не призведе до довгого повторного ручного перерахування і автоматично виправляється при виправленні вихідних формул або зміні числових даних,
- у випадках, коли студент вагається між декількома шляхами розв'язання він може швидко перевірити всі варіанти та обрати вірний або перекоонатися в тотожності декількох з них.

Треба зазначити, що робота в самій програмі також вимагає уважного і відповідального ставлення. MathCAD, як і будь-яка прикладна програма, має свої правила та мову. Звісно на перших етапах знайомства з середовищем це також стає джерелом додаткових помилок – студентам потрібно запам'ятати, що десятковий дріб записується через крапку, а не кому; щоб провести розрахунок необхідно об'явити для програми усі змінні, що ми будемо використовувати; програма проводить розрахунок зліва на право та згори вниз; в ній існує три види знаків дорівнює і вони по різному використовуються в залежності від мети розрахунку; щоб розв'язати систему рівнянь або виконати операції із матрицями є службові команди тощо. У всьому іншому вона інтуїтивно відтворює будь-який звичайний математичний розрахунок. Ці, нібито додаткові складнощі, тим не менш мають певну виховну роль: привчають до порядку виконання дій, формалізації запису величин, вчать самостійно відшукувати та виправляти синтаксичні помилки. Помічено, що студенти залюбки допомагають одне одному відслідкувати джерело помилки. На фразу одного зі студентів: "Він (MathCAD) на мене чомусь свариться?!", декілька студентів одразу ж відгукуються: "Давай допоможу перевірити!!!".

Таким чином у студента формується здорове позитивне ставлення до процесу навчання та пізнання, виробляється звичка чітко та формалізовано вести розрахунки, самостійно відшукувати можливі помилки та перевіряти різні варіанти розв'язання, допомагати однокурсникам, бо завжди приємно ділитися тим, що в тебе самого добре виходить.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Низький рівень навичок математичних розрахунків серед студентів може бути компенсований застосуванням прикладних математичних програм.
2. Зменшення навантаження за рахунок автоматизації розрахунків підвищує рівень оволодіння студентами фізичної сутності завдань, осмисленості їхньої діяльності.
3. Вивчення прикладних математичних програм під час вивчення окремих розділів фізики дозволяє не тільки спростити процеси розрахунків але й стимулювати студента до самостійного опанування нових знань.
4. Початковий етап роботи із програмою має методично супроводжуватись готовими шаблонами для розрахунків.
5. Типізація шаблону розрахунку та його відповідність звичній структурі розв'язання задач формує у студентів навички застосування певного алгоритму роботи з розв'язання задач.
6. Набуття практичних навичок у при роботі з математичними пакетами стимулює у студентів бажання ширше використовувати всі можливості програми навіть без вказівки викладача, при вивченні інших предметів.
7. Полегшення математичних розрахунків не тільки зменшує навантаження на студентів та підвищує якість знань і навичок, але й формує позитивне ставлення до процесу навчання в цілому.

Використання математичного пакету MathCAD під час розв'язання задач підвищує загальну успішність студентів, що спостерігається у всіх групах, незалежно від початкового рівня навчальних досягнень. На теперішній момент формується пакет додаткових творчих завдань, рівень яких дещо виходить за рамки навчальної програми. Розв'язання цих задач вимагатиме від студента більш поглибленого знання фізики і математики та створення власної програми розрахунків, ґрунтуючись на навичках, набутих при опануванні основного програмного матеріалу. Очікується, що із завданнями олімпіадного рівня зможуть впоратися студенти, що зазвичай демонструють достатній рівень знань з більшості профільних предметів.

### Список використаних джерел

1. Бладыко Ю. В. Мазуренко А. А. Новаш И. В. Применение MathCAD в решении задач электротехники : учебно-методическое пособие. Минск : БНТУ, 2013. 133 с.
2. Єфименко С. М. Засоби MathCAD у навчальному фізичному експерименті. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 1(15). С. 195-199.
3. Квітка Т.В. Міждисциплінарна інтеграція при вивченні диференціальних рівнянь здобувачами вищої освіти електричних напрямів підготовки. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 2(16). С. 51-57.
4. Коваленко В.М., Свито И.Л. Применение MathCAD в электротехнических расчетах : методическое пособие. Минск : БГУИР, 208. 52 с.
5. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD 15 : Учебный курс. СПб : Питер, 2011. 400 с.
6. Одновол Д.Г. Практика використання прикладних математичних пакетів програм під час лабораторних робіт з фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка*. Сер. педагогічна. 2009. Вип. 15. С. 155-157.
7. Циганкова Г.А. Застосування програмного пакету MathCAD для розв'язання диференціальних рівнянь. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2016. № 4(2). С. 27-29

### References

1. Bladyko Ju. V. Mazurenko A. A. Novash I. V. Primenenie MathCAD v reshenii zadach jelektrotehniky [Applying of MathCAD in solving electrical engineering problems : tutorial]. Minsk : BNTU, 2013. 133 s. [in Russian].
2. Yefymenko S. M. Zasoby MathCAD u navchalnomu fizychnomu eksperymentu. [Means Of Mathcad In The Educational Physical Experiment]. *Physical and Mathematical Education*, 2018. Issue 1(15). P. 195-199. [in Ukrainian].

3. Kvitka T.V. Mizhdystsyplinarna intehtatsiia pry vyvchenni dyferentsialnykh rivnian zdobuvachamy vyshchoi osvity elektrychnykh napriamiv pidhotovky. [Interdisciplinary Integration For Differential Equations Studyby Electrical Engineering Students]. *Physical and Mathematical Education*. 2018. Issue 2(16). P. 51-57. [in Ukrainian].
4. Kovalenko V.M., Svito I.L. Primenenie MathCAD v jelectrotehnicheskikh raschetah [Applying of MathCAD in electrical calculations : Manual]. Minsk : BGUIR, 208. 52 s. . [in Russian].
5. Makarov E.G. Inzhenernye raschety v MathCAD 15 [Engineering calculations in MathCAD 15 : Training Course]. SPb : Piter, 2011. 400 s. [in Russian].
6. Odnoval D.H. Praktyka vykorystannia prykladnykh matematychnykh paketiv prohram pid chas laboratornykh robit z fizyky. [The practice of using applied mathematical software packages during laboratory work in physics.]. *Collection of scientific papers Kamianets-Podilskyi national I. Ohienko university. Pedagogical series*. 2009. Issue. 15. P. 155-157. [in Ukrainian].
7. Tsyhankova H.A. Zastosuvannia prohramnoho paketu MathCAD dlia rozviazannia dyferentsialnykh rivnian. [Applying Mathcad software package for solving differential equations]. *International scientific journal*. 2016. № 4(2). S. 27-29 [in Ukrainian].

## APPLICATION THE MATHEMATICAL PACKAGE OF MathCAD FOR SOLVING TASKS IN PHYSICS

Iryna Miliukova

Private Institute of Higher Educational "Zaporizhzhya Institute of Economics and Information Technologies", Ukraine

**Abstract.** The article presents the experience of using the math package MathCAD in mastering skills and abilities to solve tasks in physics in the theory of electrical and magnetic circuits by college students and higher educational institution students.

**Formulating the problem:** a widespread problem in the study of physics is associated with a insufficient level of students' knowledge of mathematics. This formulation is understood as a low level of elementary skills in the application of mathematical knowledge, and the complete lack of skills in certain branches of mathematics, especially higher mathematics. For example, solving a system of five to six equations using matrix algebra or differential equations is a problem for the overwhelming majority of students. The question arises of using an effective tool to overcome these barriers. It is predicted that the difficulties that arise when applying mathematics during the study of physics are overcome when students master the application programs of mathematical calculations.

**Materials and methods:** for five years (2014-2019), the effectiveness of using the MathCAD program in the format of ready-to-use document templates for performing tasks of a certain type has been tracked. The comparative analysis was made in groups of college students and students of Zaporizhzhya Institute of Economics and Information Technologies, who were studying program material in the course of general physics and in the course of specialized training. The number of participants in study is 180 people. The success of the student groups as a whole and the individual dynamics of the academic achievements of each student were compared.

**Results:** as a result of the study, it was shown that students easily master the program MathCAD when studying it for specific physical tasks. The level of academic achievement and motivation to the learning process was increased.

**Conclusions:** based on the results of the study, it can be argued that the use of the MathCAD math package in solving tasks is an effective tool for improving the quality of special education in general. Facilitating learning by automating calculations increases mastering the physical nature of the tasks and meaningfulness of students work.

**Key words:** physics, MathCAD, the theory of electric and magnetic circles, the template of the working sheet of the program.