

DOI <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.02.01>  
UDC 378.147:004

## Modelling electromagnetic waves in Matlab as a tool for developing students' technical thinking

Odnovol, D.\* , Dyadenchuk, A.

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

**Received:** 26.05.2025

**Accepted:** 24.06.2025

**Abstract.** This article addresses the challenges of developing the technical thinking of higher education students through computational modelling of electromagnetic waves in the Matlab environment. Modern engineering requires specialists not only deep theoretical knowledge but also the ability to apply it in practice, particularly in electrodynamics, where abstract concepts benefit from visualization. The study analyses the role of computer modelling in the study of electrodynamics and its impact on the understanding of physical concepts. Two examples of modelling are presented: electromagnetic wave interference and propagation through different materials. For each example, a mathematical model, a description of the Matlab code, visualization of the results, and possible directions for extending the models for students' independent work are provided. The study proposes methods for numerical analysis, visualizing fields, and estimating the reflection and transmission coefficients of electromagnetic waves through various materials. The study demonstrates that modelling electromagnetic waves in Matlab contributes to a deeper understanding of the principles of their propagation, interaction, and superposition. Students can observe constructive and destructive interference, analyze electric and magnetic field behavior, and create dynamic animations. Modelling wave propagation through different materials allows for the analysis of wave interaction with multilayer structures, which is useful for understanding wave behavior and developing devices like filters or anti-reflective coatings. The obtained results confirm the effectiveness of using Matlab in the educational process, enhancing student motivation and developing practical skills. Prospects for further research include the integration of Matlab with machine learning libraries to predict wave process characteristics. This article is valuable for physics and engineering educators, as well as students interested in computational modelling of physical phenomena.

**Key words:** technical thinking, Matlab, electromagnetic waves, numerical modelling, electrodynamics, visualization of physical phenomena.

## Моделювання електромагнітних хвиль у Matlab як інструмент розвитку технічного мислення студентів

Одновол Д. Г., Дяденчук А. Ф.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Мелітополь, Україна

**Анотація.** У статті розглянуто актуальні проблеми розвитку технічного мислення здобувачів вищої освіти шляхом використання чисельного моделювання електромагнітних хвиль у середовищі Matlab. Сучасна інженерія вимагає від фахівців не лише глибоких теоретичних знань, але й уміння застосовувати їх на практиці, особливо в галузі електродинаміки, де абстрактні поняття потребують наочної візуалізації. В дослідженні проаналізовано роль комп'ютерного моделювання у вивченні електродинаміки та показано його вплив на засвоєння фізичних концепцій. Наведено два приклади моделювання: інтерференції електромагнітних хвиль та їхнього поширення через різні матеріали. Для кожного прикладу наводиться математична модель, опис програмного коду Matlab, візуалізація результатів, можливі напрямки розширення моделей для виконання самостійної роботи студентами. Запропоновано алгоритми реалізації чисельного аналізу, візуалізації полів та оцінки коефіцієнтів відбиття і пропускання електромагнітних хвиль крізь різні матеріали. Дослідження показує, що моделювання електромагнітних хвиль у Matlab сприяє глибшому розумінню принципів їх поширення, взаємодії та суперпозиції. Студенти можуть спостерігати зони конструктивної та деструктивної інтерференції, аналізувати поведінку електричного та магнітного полів, а також будувати динамічні анімації. Моделювання

\* **Corresponding Author:** Odnovol Dmytro Hennadiiovych. E-mail: [dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua](mailto:dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua)  
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
vul. Universytetska, 66, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, Ukraine, 69063.

**Відповідальний автор:** Одновол Дмитро Геннадійович. E-mail: [dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua](mailto:dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua)  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,  
вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Запорізька обл., Україна, 69063.

поширення електромагнітних хвиль через різні матеріали дозволяє аналізувати, як хвилі взаємодіють з багатшаровими структурами, що є корисним для розуміння поведінки хвиль у різних матеріалах та для розробки пристроїв, таких як фільтри або антивідбивні покриття. Отримані результати підтверджують ефективність використання Matlab в освітньому процесі, що сприяє підвищенню мотивації здобувачів вищої освіти, розвитку їхніх аналітичних навичок та формуванню практичних компетентностей. Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію Matlab з бібліотеками машинного навчання для прогнозування характеристик хвильових процесів. Стаття може бути корисна викладачам фізики та інженерних дисциплін, а також студентам, які цікавляться комп'ютерним моделюванням фізичних явищ.

**Ключові слова:** технічне мислення, Matlab, електромагнітні хвилі, чисельне моделювання, електродинаміка, візуалізація фізичних явищ.

## *I Вступ*

Розвиток технічного мислення є одним із ключових завдань підготовки здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей. Сучасна наука та інженерія вимагають не лише володіння теоретичними знаннями, а й уміння застосовувати їх на практиці [1]. Особливо актуально це в контексті електродинаміки, де вивчення таких понять як електричні та магнітні поля, їхні взаємозв'язки та вплив на матеріальні об'єкти, складно сприймаються без наочних демонстрацій.

Електродинаміка також має практичне значення в інженерії, зокрема в розробці сучасних електронних пристроїв, систем передачі даних і засобів зв'язку. Удосконалення методів аналізу електромагнітних явищ сприяє створенню більш ефективних і екологічних технологій, що відповідають запитам сучасного суспільства.

Одним із ефективних методів розвитку технічного мислення є комп'ютерне моделювання, що дозволяє візуалізувати фізичні явища, досліджувати їхню поведінку в різних умовах та аналізувати результати. Останнім часом для вирішення різноманітних завдань активно використовуються програми комп'ютерної математики, такі як Excel, Mathcad, Scilab, Maple, LabVIEW, AutoCad [2-6] тощо. Раніше нами висвітлювалося використання деяких із зазначених програм у процесі навчання фізики й математики у закладах вищої освіти [7-9]. Використання таких математичних пакетів дає змогу розв'язувати різноманітні прикладні задачі, варіювати параметри в широких межах та краще розуміти досліджувані явища й процеси.

Одним із популярних інструментів для чисельного аналізу, зокрема для моделювання електромагнітних хвиль, є спеціалізоване програмне забезпечення Matlab. Цей набір інструментів здобув визнання у багатьох країнах, ставши стандартним засобом для оформлення інженерної документації та підготовки наукових матеріалів [10]. У свій навчальний процес дану систему впровадили такі заклади освіти як факультет фізики та астрономії Сієнського коледжу, геологічний факультет William & Mary, фізичний факультет Університету Св. Томаса. Завдяки гнучкості цього середовища, здобувачі освіти можуть реалізовувати складні математичні моделі, використовуючи метод кінцевих різниць у часовій області (FDTD) та інші чисельні методи [11]. Matlab дозволяє не лише виконувати аналітичні розрахунки, а й візуалізувати електромагнітні поля, моделювати поширення хвиль та аналізувати взаємодію полів із матеріальними об'єктами.

Загальна методика застосування комп'ютерів в освітньому процесі фізики викладена в роботах вітчизняних вчених П. С. Атаманчука, В. Ф. Заболотного, О. І. Іваницького, Ю. А. Пасічника, Н. В. Стучинської. Застосування Matlab на заняттях фізики розглядається в роботах Бобрицької Г. С. [17], Гаєва Є. О. [18], Поведи Р. А. [19] та інших. Світові практики [12-16] демонструють, що впровадження Matlab у навчання сприяє розвитку мислення, концепцій і навичок, а також є джерелом мотивації здобувачів освіти до вивчення фізико-математичних дисциплін. Наявні дослідження підтверджують, що робота з програмними пакетами для моделювання позитивно впливає на здатність здобувачів освіти розв'язувати складні технічні задачі та розуміти фізичну сутність явищ. Однак питання використання Matlab під час вивчення фізики залишається відкритим, адже розвиток комп'ютерних технологій та їх застосування в освітньому процесі відбувається динамічно, що вимагає постійного оновлення методичних підходів, удосконалення навчальних матеріалів та адаптації до сучасних освітніх стандартів.

Метою дослідження є розробка методичного підходу до застосування програмного пакету Matlab під час моделювання електромагнітних хвиль у загальному курсі фізики, а також аналіз його впливу на засвоєння навчального матеріалу та розвиток технічного мислення здобувачів вищої освіти.

Для досягнення поставленої мети було розв'язано наступні завдання:

– сформульовано алгоритм розв'язування фізичних задач на прикладі двох моделей: 1) візуалізація інтерференції електричних і магнітних хвиль; 2) дослідження поширення електромагнітних хвиль в різних середовищах;

– досліджено вплив використання Matlab на ефективність засвоєння фізичних концепцій та розвиток технічного мислення здобувачів освіти через алгоритмічні та чисельні методи моделювання.

У статті розглянуто переваги використання моделювання, наведені приклади практичних задач та обговорюється вплив візуалізації на розуміння ключових концепцій і розвиток креативних підходів до вирішення інженерних проблем.

## II Матеріал і методи дослідження

У психології наразі відсутнє чітке визначення технічного мислення, його іноді прирівнюють до практичного чи образного мислення. Також вважається, що технічне мислення є частиною практичного, оскільки останнє формується в процесі практичної діяльності [20]. Воно поєднує логічне, просторове, алгоритмічне та системне мислення, що є критично важливим для майбутніх інженерів.

Технічне мислення розвивається в процесі аналізу складних задач, проектування моделей, розрахунків і перевірки результатів. Matlab, як універсальне середовище для моделювання, дозволяє створювати візуальні моделі електромагнітних хвиль, що значно полегшує розуміння фізичних явищ.

Під час роботи з Matlab студенти засвоюють такі важливі аспекти технічного мислення, як аналіз і синтез, просторове уявлення, пошук оптимальних рішень, тощо. Освітній процес, побудований на застосуванні Matlab, стимулює розвиток не лише технічного, але й аналітичного та креативного мислення, оскільки вимагає нестандартних підходів до розв'язання задач, а сам процес моделювання електромагнітних хвиль у Matlab включає декілька важливих етапів (рис. 1).

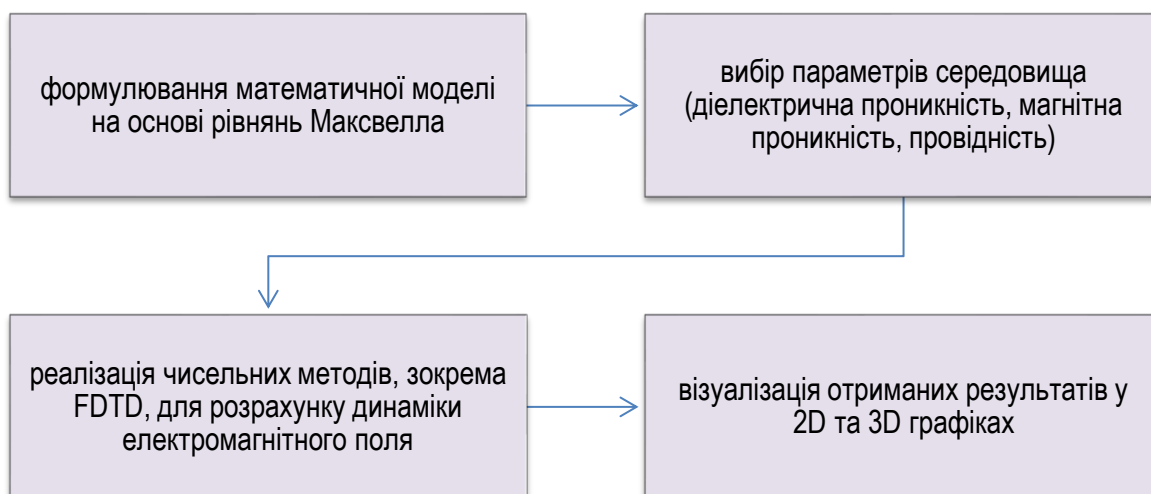


Рис. 1. Етапи процесу моделювання електромагнітних хвиль у Matlab

Застосування Matlab як засобу для моделювання електромагнітних хвиль позитивно впливає на розвиток технічного мислення студентів, сприяючи інтеграції теоретичних знань із практичними навичками. До основних ефектів які можна спостерігати при провадженні системи Matlab в освітній процес можна віднести:

- формування системного підходу до аналізу фізичних явищ;
- підвищення мотивації здобувачів освіти завдяки практичній спрямованості завдань;
- набуття практичних навичок використання математичного пакету Matlab в подальшій професійній діяльності;
- розвиток технічного мислення під час проведення комп'ютерних фізичних експериментів.

Розглянемо алгоритм застосування системи Matlab для моделювання електромагнітних хвиль на прикладі двох моделей.

### III Результати

#### Приклад 1. Демонстрація інтерференції електромагнітних хвиль

Візуалізація інтерференції електричних і магнітних хвиль у Matlab може бути реалізована через побудову графіків, які показують результати суперпозиції хвиль у просторі та часі. Для електромагнітних хвиль можна візуалізувати взаємопов'язані осциляції електричного поля  $E$  і магнітного поля  $B$ .

Ось основні кроки для побудови математичної моделі демонстрації інтерференції електромагнітних хвиль:

#### 1. Рівняння електромагнітної хвилі.

Електромагнітна хвиля у вільному просторі описується рівняннями [4]:

$$\begin{aligned} \vec{E}(z, t) &= E_0 \cos(\vec{k}z - \omega t) \hat{x}, \\ \vec{B}(z, t) &= B_0 \cos(\vec{k}z - \omega t) \hat{y}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $E_0$  – амплітуда електричного поля;  $B_0$  – амплітуда магнітного поля,

$$B_0 = E_0/c;$$

$c$  – швидкість світла;  $z$  – координата в просторі;  $t$  – час;  $k$  – хвильове число,

$$k = 2\pi/\lambda;$$

$\omega$  – кутова частота,

$$\omega = 2\pi f.$$

#### 2. Інтерференція хвиль.

Інтерференція виникає, якщо є дві або більше хвиль із різними фазами, частотами або напрямками поширення. Наприклад маємо дві хвилі з різними фазами:

$$\vec{E}(z, t) = E_1 \cos(\vec{k}z - \omega t) + E_2 \cos(\vec{k}z - \omega t + \varphi), \quad (2)$$

де  $\varphi$  – різниця фаз.

Цей принцип будемо реалізовувати в програмному коді.

#### 3. Matlab-код для візуалізації.

Код для візуалізації інтерференції представлено на рис. 2.

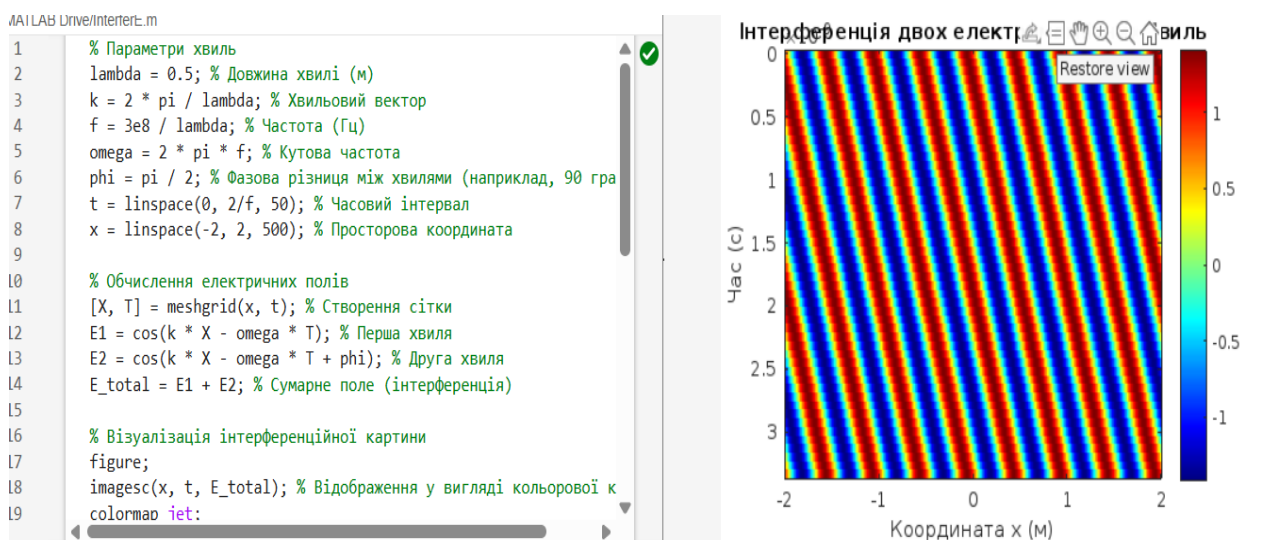


Рис. 2. Візуалізація інтерференції електромагнітної хвилі у двовимірному просторі

#### 4. Результати роботи програми.

Що побачимо на графіках?

- інтерференційну картину (рис. 2);
- графік електричного поля, який відображає зміну результуючого поля в просторі та часі: видно зони конструктивної та деструктивної інтерференції (рис. 3);
- графік магнітного поля – за аналогією, як для електричного поля (рис. 3).

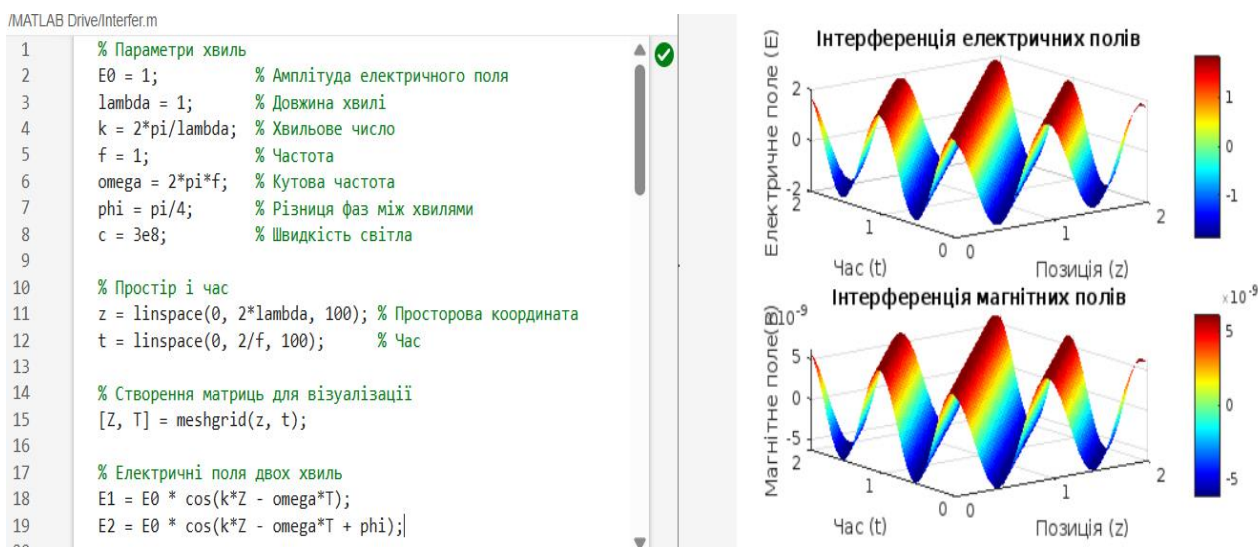


Рис. 3. Візуалізація інтерференції електромагнітної хвилі у тривимірному просторі

Можливі напрямки розширення програми які можна запропонувати для самостійної роботи здобувачів освіти з метою розвитку технічного мислення:

1. Додайте більше хвиль із різними фазами, амплітудами або напрямками поширення.
2. Додайте анімацію: зафіксуйте  $z$  і оновлюйте  $t$ .
3. Побудуйте векторне поле для електричного та магнітного компонентів у просторі.

На рис. 4. можна побачити результати розширення програми для моделювання та візуалізації інтерференції електромагнітної хвилі розробленої здобувачами вищої освіти в межах виконання завдання.

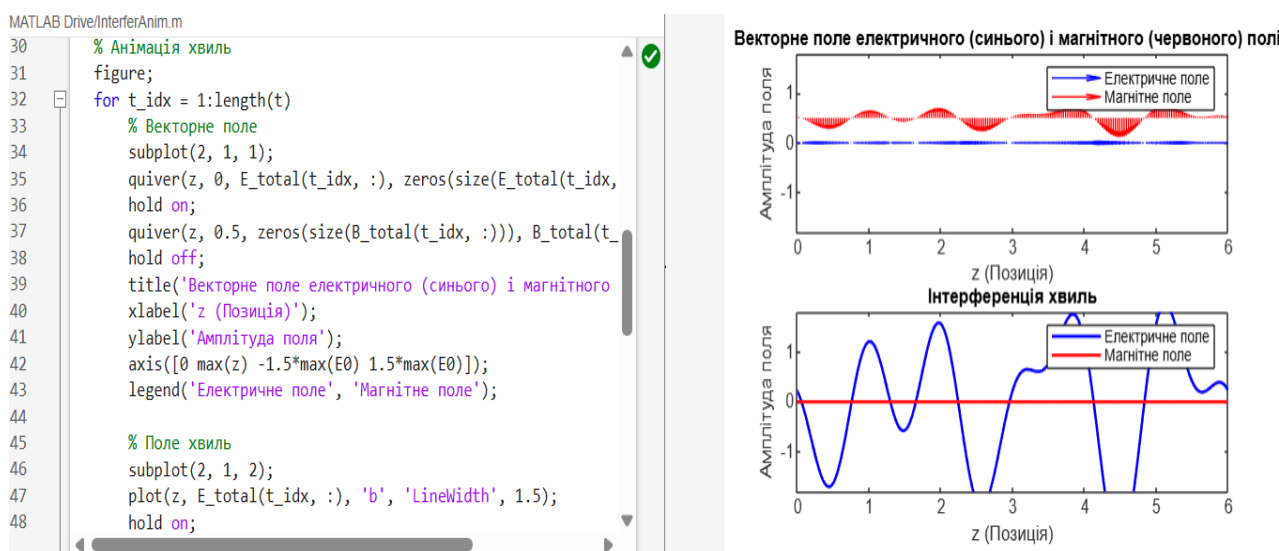


Рис. 4. Анімація інтерференції електромагнітної хвилі

Основні аспекти коду охоплюють відповідні завдання, а саме додано кілька хвиль із різними фазами, амплітудами та напрямками поширення, додано анімацію, яка оновлює хвилі з часом, побудовано векторне поле для електричного та магнітного компонентів у просторі.

*Що видно під час виконання програми:*

1. Векторне поле електричних і магнітних полів у просторі.
2. Графік суперпозиції хвиль із зображенням конструктивної та деструктивної інтерференції.
3. Динамічну анімацію хвиль у просторі та часі.

Таким чином візуалізація інтерференції електромагнітних хвиль у Matlab дозволяє глибше зрозуміти принципи їх поширення, взаємодії та суперпозиції. Реалізація коду допомагає студентам спостерігати зони конструктивної та деструктивної інтерференції, аналізувати поведінку електричного та магнітного полів, а також будувати динамічні анімації. Подальше розширення програми – додання додаткових хвиль, зміна параметрів та візуалізація векторних полів – сприяє розвитку технічного мислення та закріпленню теоретичних знань на практиці.

## **Приклад 2. Демонстрація поширення електромагнітних хвиль через різні матеріали**

Моделювання поширення електромагнітних хвиль через різні матеріали є важливим аспектом вивчення електромагнетизму та оптики. Matlab надає потужні інструменти для чисельного моделювання таких процесів [22]. Розглянемо основні етапи побудови математичної моделі для дослідження поширення електромагнітних хвиль у різних матеріалах.

### **1. Вибір основних параметрів, що впливають на поширення електромагнітних хвиль.**

Щоб точно змоделювати передачу електромагнітних хвиль, необхідно визначити властивості матеріалу, через який проходять хвилі. Основними характеристиками матеріалу є:

- діелектрична проникність  $\epsilon$  (визначає вплив середовища на електричну компоненту електромагнітної хвилі);
- магнітна проникність  $\mu$  (впливає на магнітну складову електромагнітної хвилі).

Сукупність цих властивостей визначає швидкість світла в матеріалі, яка може відрізнитися від швидкості у вакуумі ( $c \approx 3 \cdot 10^8$  с). У більшості діелектричних матеріалів значення  $\epsilon$  та  $\mu$  перевищують їхні вакуумні значення, що зменшує швидкість поширення хвилі.

Далі визначимо властивості падаючої електромагнітної хвилі:

- частота  $f$  (кількість коливань за секунду, зазвичай вимірюється в Гц);
- довжина хвилі  $\lambda$  (просторова протяжність одного повного циклу хвилі, часто вимірюється в метрах);
- амплітуда  $A$  (максимальна величина електричного та магнітного полів хвилі);
- поляризація (орієнтація вектора електричного поля відносно напрямку поширення хвилі).

### **2. Розробка програмного коду для побудови комп'ютерної моделі поширення електромагнітних хвиль в різних середовищах.**

Коли електромагнітна хвиля стикається з межею розділу між двома матеріалами з різними властивостями, частина хвилі відбивається назад у перший матеріал, а частина передається в другий матеріал. Коефіцієнти відбиття ( $R$ ) і коефіцієнти пропускання ( $T$ ) описують відношення амплітуд відбитого і пропущеного світла до амплітуди падіння відповідно.

Нижче представлено приклад реалізації програми (рис. 5), яка моделює поширення електромагнітної хвилі через багат шарову структуру з різними діелектричними проникностями [4].

У результаті реалізації програми ми отримуємо модель яка дозволяє:

- будувати графік залежності електричного поля від позиції у просторі;
- візуалізувати графіки для відображення падаючої, відбитої та пропущеної хвилі;
- візуалізацію поля в просторі від -5 см до 5 см;
- розрахувати поле для хвиль у всіх трьох областях: перед структурою, всередині та після неї;
- обчислити коефіцієнти відбиття і пропускання та показати, як виглядає хвиля при проходженні через багат шарову структуру.

Дана програма дозволяє аналізувати взаємодію електромагнітної хвилі з багат шаровими структурами, що є корисним для розуміння поведінки хвиль у різних матеріалах та для розробки пристроїв, таких як фільтри або антивідбивні покриття.

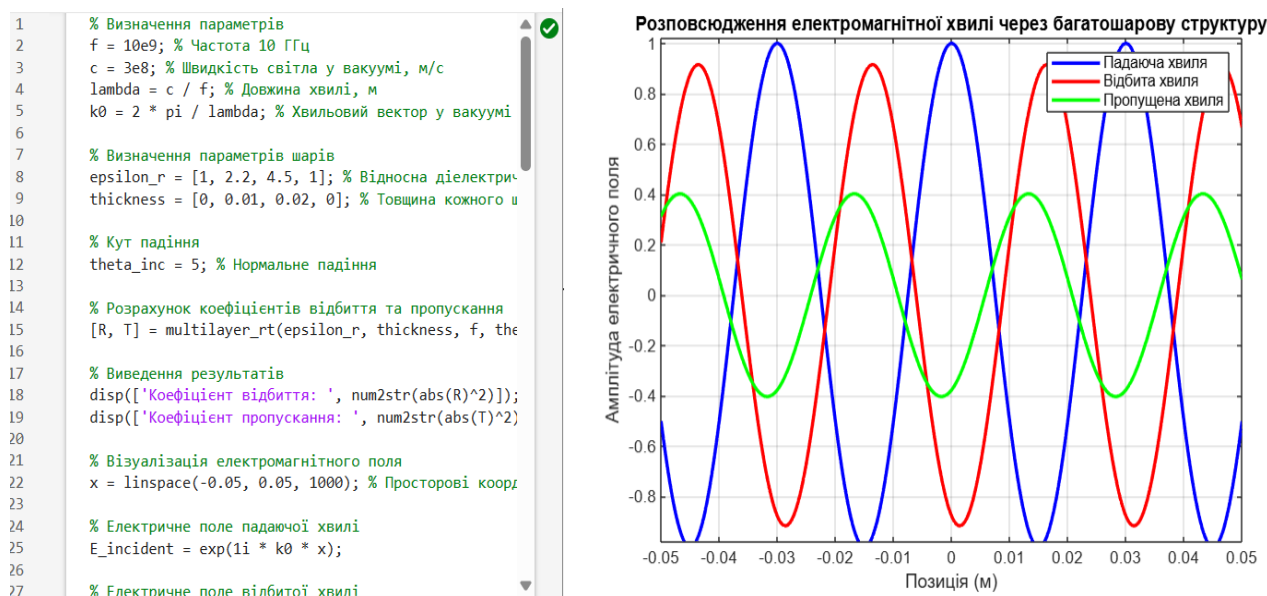


Рис. 5. Моделювання поширення електромагнітних хвиль через різні матеріали

Для розвитку технічного мислення можна запропонувати налаштувати модель для вирішення конкретних сценаріїв або запитань. Наприклад, можна попросити здобувачів освіти:

1. Дослідити вплив зміни частоти або поляризації падаючої хвилі.
2. Проаналізувати поведінку хвиль під різними кутами падіння.
3. Дослідити вплив кількох поверхонь матеріалів.
4. Обчисліть потужність, яку передає або відбиває поверхня.

Всі ці задачі здобувач освіти може виконати, додаючи зміни в код програми і провівши дослідження поставлених питань. На рис. 6 наведено результат роботи програми, розробленої здобувачами вищої освіти під час виконання завдання на дослідження процесу відбивання світла при зміні частоти падаючого світла.

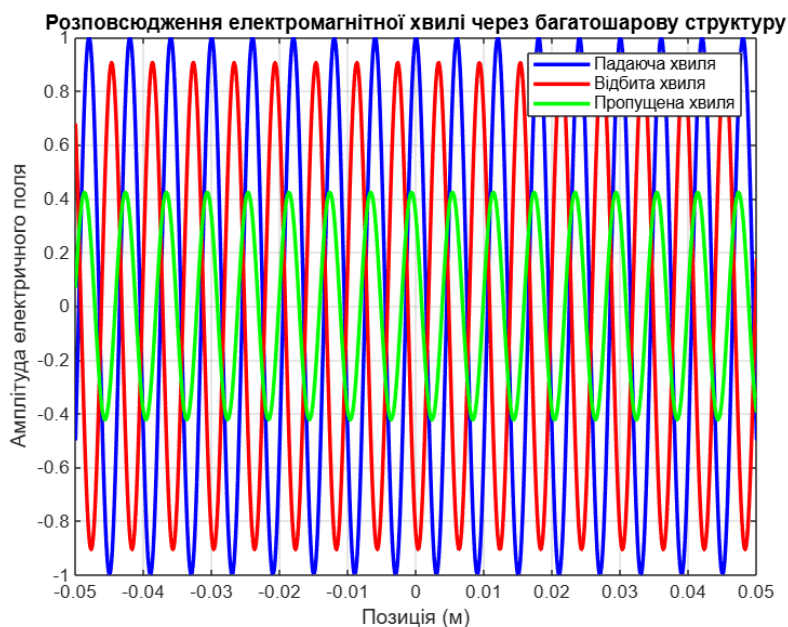


Рис. 6. Моделювання поширення електромагнітних хвиль через різні матеріали.  
Зміна частоти падаючого світла

#### **IV Обговорення**

Досвід інтеграції Matlab у курс фізики показав підвищення зацікавленості здобувачів освіти матеріалом, який вивчається, а також покращення розуміння здобувачами освіти фундаментальних концепцій. Завдяки цьому інструменту студенти можуть не лише теоретично засвоювати матеріал, а й на практиці досліджувати поведінку хвиль у різних середовищах.

Використання Matlab в освітньому процесі має багато переваг, серед яких розвиток алгоритмічного мислення та навичок програмування, засвоєння абстрактних концепцій через наочну візуалізацію, формування технічного мислення через самостійно виконане моделювання фізичних явищ.

Водночас існують певні обмеження використання Matlab у процесі викладання фізики здобувачам вищої освіти технічних спеціальностей, як от необхідність базової підготовки студентів у програмуванні, витрати часу на оптимізацію обчислювальних алгоритмів для складних симуляцій.

Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію Matlab із бібліотеками машинного навчання для прогнозування характеристик хвильових процесів.

Результати проведеного дослідження демонструють високу ефективність використання Matlab для моделювання електромагнітних хвиль у навчальному процесі. Візуалізація складних електромагнітних явищ, таких як інтерференція та поширення хвиль через різні матеріали, сприяє глибокому розумінню фундаментальних концепцій та розвитку технічного мислення студентів.

Порівнюючи отримані результати з даними, представленими в літературі, можна відзначити, що використання Matlab у навчанні електромагнетизму відповідає сучасним тенденціям інтеграції інформаційних технологій у вищу освіту. Зокрема, результати корелюють з дослідженнями, які підкреслюють позитивний вплив комп'ютерного моделювання на розвиток інженерних компетенцій студентів [2, 5, 11].

Метод кінцевих різниць у часовій області (FDTD), використаний у моделюванні, є одним із найбільш ефективних чисельних методів для моделювання електромагнітних хвиль, що підтверджується його широким застосуванням у навчальному процесі [12].

Досвід інтеграції Matlab у курси електромагнетизму, описаний у статті, підтверджує висновки інших дослідників про підвищення зацікавленості студентів та покращення розуміння фундаментальних концепцій [15, 16].

Отримані результати підтверджують гіпотезу про те, що моделювання електромагнітних хвиль у Matlab є ефективним інструментом для розвитку технічного мислення студентів. Використання Matlab дозволяє студентам не лише теоретично засвоювати матеріал, але й на практиці досліджувати поведінку хвиль у різних середовищах, що сприяє формуванню системного підходу до аналізу фізичних явищ та розвитку практичних навичок.

Враховуючи обмеження, пов'язані з необхідністю базової підготовки студентів у програмуванні та витратами часу на оптимізацію обчислювальних алгоритмів, можна стверджувати, що інтеграція Matlab у навчальний процес вимагає ретельного планування та методичної підтримки.

#### **V Висновки**

Моделювання поширення електромагнітних хвиль за допомогою Matlab є ефективним інструментом для вивчення фізичних явищ. Реалізовані математичні моделі дозволяють аналізувати процеси відбиття, пропускання та поширення хвиль у багатосарових структурах, що має важливе значення для розробки оптичних і радіотехнічних пристроїв.

Отримані результати демонструють, що використання чисельного моделювання в освітньому процесі сприяє не лише кращому розумінню теоретичних аспектів електродинаміки, а й розвитку технічного мислення здобувачів освіти. Завдяки можливості налаштування параметрів моделі студенти можуть самостійно досліджувати вплив частоти, кута падіння та структури середовища на поведінку хвиль, що розвиває їхні аналітичні та дослідницькі навички.

### Бібліографічні посилання

1. Дяденчук, А. Ф., & Шквиря, В. В. (2022). Формування інформаційно-математичної компетентності здобувачів вищої освіти в загальному курсі фізики. *Інженерні та освітні технології*, 10(1), 30-41. DOI: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.01.03>
2. Obeidat, S. B., Dakeev, U., & Ma, J. (2022, August). Teaching AutoCAD in E-learning and Face-to-Face Styles for Undergraduate Engineering Technology Students During and after COVID-19 Pandemic. *Proceedings of the 2022 ASEE Annual Conference & Exposition*.
3. Naik, B. K. (2022). Solution for simple classical systems using SCILAB. *The Physics Educator*, 4(03), 2250014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1857-2223/ac771d>
4. Ковальчук, М. Б. (2019). Моделювання задач математичної фізики в системі комп'ютерної математики Maple. *Фізико-математична освіта*, 2(20), 40-47. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2019.02.040>
5. Akhatayeva, Z., Sagindykov, K., Mukushev, B., Kurmangaliyeva, N., & Karipzhanova, A. (2024). Visual Basic and MathCAD used for Visualization and modeling STEM education. *Education and Information Technologies*, 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12461-x>
6. Подласов, С. О., & Матвійчук, О. В. (2023). Особливості проведення лабораторних робіт з фізики в технічному університеті під час дистанційного навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 1(93), 152-162. DOI: <https://doi.org/10.33407/itit.v93i1.6111>
7. Дяденчук, А. Ф., & Халанчук, Л. В. (2020). Застосування середовища Mathcad у загальному курсі фізики при підготовці фахівців інженерних спеціальностей. *Інженерні та освітні технології*, 8(4), 40-50. DOI: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2020.08.04.04>
8. Дяденчук, А. Ф., & Халанчук, Л. В. (2021). Формування професійної компетентності майбутніх інженерів при розв'язанні прикладних задач у пакеті Scilab. Моделювання компетентнісної професійної освіти в контексті євроінтеграції: монографія [Електронне видання] / кол. авт.; за заг. ред. проф. Н. П. Волкової. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля, 289-309.
9. Одновол, Д. Г. (2010). Дистанційне навчання фізики та місце в ньому математичних пакетів програм. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*, 16, 295-297.
10. Яблонь, Л. С. (2016). Моделювання фізичних процесів. *Лабораторний практикум для студентів напрямів підготовки «Фізика» і «Прикладна фізика»*. Івано-Франківськ, 86 с.
11. Praveena, S., Deepak, J., Priyadharshini, K., & Shanthi, T. (2021). Simulation of Electromagnetic Waves Propagation Using Matlab. *Journal of Electronics and Informatics*, 6(2), 171-184. DOI: <https://doi.org/10.18311/jei/2021/28362>
12. Notaroš, B. M., McCullough, R., Manić, S. B., & Maciejewski, A. A. (2024). Computer-assisted learning of electromagnetics through MATLAB programming of electromagnetic fields in the creativity thread of an integrated approach to electrical engineering education. URL: <https://www.engr.colostate.edu/~aam/pdf/journals/102.pdf> (дата звернення: 26.02.2025).
13. Majid, M. A., Huneiti, Z. A., Balachandran, W., & Balarabe, Y. (2013). MATLAB as a teaching and learning tool for mathematics: a literature review. *International Journal of Arts & Sciences*, 6(3), 23.
14. Hansen, N. K., & Hadjerrouit, S. (2021). Exploring students' computational thinking for mathematical problem-solving: A case study. *Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2021)*, 251.
15. Majid, M. A., Huneiti, Z. A., Al-Naafa, M. A., & Balachandran, W. (2012, September). A study of the effects of using MATLAB as a pedagogical tool for engineering mathematics students. *Proceedings of the 2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 1-9. IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICL.2012.6402120>
16. Kontrová, L., & Šusteková, D. (2020). Matlab as a teaching, learning and motivating tool for engineering mathematics. *Mathematical Modeling*, 4(2), 42-44.
17. Бобрицька, Г., & Черновол, Н. (2024). Інтегроване заняття з математичного моделювання Марковського процесу з використанням моделі Ланчестера та її розв'язання в MatLab. *Фізико-математична освіта*, 39(5), 7-13. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-01>
18. Гаєв, Є. О. (2018). MatLab-програма дисперсії світла на призмі та метод навчання на Власних відкриттях. *Інформаційні технології в освіті*, 3, 30-45.
19. Поведа, Р. А. (2006). Використання систем символічної математики в курсі теоретичної фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*, 12, 303-304.
20. Касьянова, Г. (2023). Формування технічного мислення засобами STEM-освіти майбутнього вчителя фізики. *Collection of Scientific Papers*, 64.
21. Дідух, Л. Д. (2020). *Електрика та магнетизм: підручник*. Тернопіль: Підручники і посібники, 464 с.

### References

1. Diadenchuk, A. F., & Shkvyrya, V. V. (2022). Formuvannia informatsiino-matematychnoi kompetentnosti zdobuvachiv vyshchoi osvity v zahalnomu kursy fizyky [Formation of informational and mathematical competence of higher education students in the general course of physics]. *Inzhenerni ta osvichni tekhnolohii – Engineering and Educational Technologies*, 10(1), 30-41. DOI: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.01.03>

2. Obeidat, S. B., Dakeev, U., & Ma, J. (2022, August). Teaching AutoCAD in e-learning and face-to-face styles for undergraduate engineering technology students during and after COVID-19 pandemic. *Proceedings of the 2022 ASEE Annual Conference & Exposition*.
3. Naik, B. K. (2022). Solution for simple classical systems using SCILAB. *The Physics Educator*, 4(3), 2250014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1857-2223/ac771d>
4. Kovalchuk, M. B. (2019). Modeliuvannia zadach matematychnoi fizyky v systemi kompiuternoi matematyky Maple [Modeling of mathematical physics problems in the Maple computer mathematics system]. *Fizyka-matematychna osvita – Physics and Mathematics Education*, 2(20), 40-47. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2019.02.040>
5. Akhatayeva, Z., Sagindykov, K., Mukushev, B., Kurmangaliyeva, N., & Karipzhanova, A. (2024). Visual Basic and MathCAD used for visualization and modeling STEM education. *Education and Information Technologies*, 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12461-x>
6. Podlasov, S. O., & Matviichuk, O. V. (2023). Osoblyvosti provedenia laboratornykh robot z fizyky v tekhnichnomu universyteti pid chas dystantsiinoho navchannia [Features of conducting physics laboratory work at a technical university during distance learning]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 1(93), 152-162. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.6111>
7. Diadenchuk, A. F., & Khalanchuk, L. V. (2020). Zastosuvannia seredovyscha Mathcad u zahalnomu kursi fizyky pry pidhotovtsi fakhivtsiv inzhenernykh spetsialnistei [Application of the Mathcad environment in the general physics course for the training of engineering specialists]. *Inzhenerni ta osviti tekhnologii – Engineering and Educational Technologies*, 8(4), 40-50. DOI: 10.30929/2307-9770.2020.08.04.04.
8. Diadenchuk, A. F., & Khalanchuk, L. V. (2021). Formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv pry rozviazanni prykladnykh zadach u paketi Scilab [Formation of professional competence of future engineers in solving applied problems using the Scilab package]. In Volkova, N. P. (Ed.), *Modeliuvannia kompetentnisnoi profesiinoi osvity v konteksti yevrointehratsii – Modeling of Competence-Based Professional Education in the Context of European Integration* (pp. 289-309). Dnipro: Alfred Nobel University.
9. Odnovol, D. H. (2010). Dystantsiine navchannia fizyky ta mistse v n'omu matematychnykh paketiv prohram [Distance learning of physics and the place of mathematical software packages in it]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna – Collection of Scientific Papers of Kamianets-Podilskyi National University named after Ivan Ohienko. Pedagogical Series*, 16, 295-297.
10. Yablon, L. S. (2016). Modeliuvannia fizychnykh protsesiv. Laboratornyi praktykum dlia studentiv napriamiv pidhotovky "Fizyka" i "Prykladna fizyka" [Modeling of physical processes. Laboratory practicum for students of "Physics" and "Applied Physics"]. *Ivano-Frankivsk*, 86 p.
11. Praveena, S., Deepak, J., Priyadharshini, K., & Shanthi, T. (2021). Simulation of electromagnetic waves propagation using Matlab. *Journal of Electronics and Informatics*, 6(2), 171-184. DOI: <https://doi.org/10.18311/jei/2021/28362>
12. Notaroš, B. M., McCullough, R., Manić, S. B., & Maciejewski, A. A. (2024). Computer-assisted learning of electromagnetics through MATLAB programming of electromagnetic fields. *Engineering Education Journal*. Retrieved from <https://www.engr.colostate.edu/~aam/pdf/journals/102.pdf> (accessed: 26.02.2025).
13. Majid, M. A., Huneiti, Z. A., Balachandran, W., & Balarabe, Y. (2013). MATLAB as a teaching and learning tool for mathematics: A literature review. *International Journal of Arts & Sciences*, 6(3), 23.
14. Hansen, N. K., & Hadjerrouit, S. (2021). Exploring students' computational thinking for mathematical problem-solving: A case study. *Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2021)*, 251.
15. Majid, M. A., Huneiti, Z. A., Al-Naafa, M. A., & Balachandran, W. (2012, September). A study of the effects of using MATLAB as a pedagogical tool for engineering mathematics students. *Proceedings of the 2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 1-9. IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICL.2012.6402120>
16. Kontrová, L., & Šusteková, D. (2020). Matlab as a teaching, learning and motivating tool for engineering mathematics. *Mathematical Modeling*, 4(2), 42-44.
17. Bobrytska, H., & Chernovol, N. (2024). Integrated lesson on mathematical modeling of the Markov process using the Lanchester model and its solution in Matlab. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 39(5), 7-13. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-01>
18. Haiev, Ye. O. (2018). Matlab program for light dispersion on a prism and the method of learning by own discoveries. *Informatsiini tekhnologii v osviti – Information Technologies in Education*, 3, 30-45.
19. Poveda, R. A. (2006). Use of symbolic mathematics systems in the theoretical physics course. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna*, 12, 303-304.
20. Kasianova, H. (2023). Formation of technical thinking using STEM education tools for future physics teachers. *Collection of Scientific Papers*, 64.
21. Didukh, L. D. (2020). *Elektryka ta mahnetyzm: pidruchnyk [Electricity and Magnetism: Textbook]*. Ternopil: Pidruchnyky i posibnyky, 464 p.



**Одновол Дмитро Геннадійович.**

Старший викладач кафедри «Вища математика і фізика»,  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,  
вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Запорізька обл., Україна, 69063.  
E-mail: dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua

---

**Odnovol Dmytro Hennadiiovych.**

Senior Lecturer of the Department of Higher Mathematics and Physics,  
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
vul. Universytetska, 66, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, Ukraine, 69063.  
E-mail: dmytro.odnovol@tsatu.edu.ua

---

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7238-7424>



**Дяденчук Альона Федорівна.**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Вища математика і фізика»,  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,  
вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Запорізька обл., Україна, 69063.  
E-mail: alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

---

**Dyadenchuk Alena Fedorivna.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher  
Mathematics and Physics,  
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
vul. Universytetska, 66, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, Ukraine, 69063.  
E-mail: alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

---

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6625-9985>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56081711200>

**Citation (APA):**

Odnovol, D., Dyadenchuk, A. (2025). Modelling electromagnetic waves in Matlab as a tool for developing students' technical thinking. Engineering and Educational Technologies, 13 (2), 7–17. doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.02.01>

**Цитування (ДСТУ 8302:2015):**

Одновол Д. Г., Дяденчук А. Ф. Моделювання електромагнітних хвиль у Matlab як інструмент розвитку технічного мислення студентів / Інженерні та освітні технології. 2025. Т. 13. № 2. С. 7–17. doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.02.01>

**Обсяг статті:** сторінок – 11 ; умовних друк. аркушів – 1,593.