

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ WEB-ДОДАТКУ
ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ У ШКОЛІ**

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A WEB APPLICATION
FOR A TEACHER AT SCHOOL**

спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

освітня програма «Комп'ютерні науки»

Виконала: здобувачка вищої освіти
групи КНМЗ-21
Бойчук Юлія Анатоліївна

(підпис)

Керівник: д. пед. н., проф.
Тулашвілі Юрій Йосипович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Ліщина Валерій Олександрович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

Луцький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Ступінь вищої освіти магістр
Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма: «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Валерій ЛІЩІНА
«14» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
ДРУГОГО (МАГІСТЕРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Бойчук Юлія Анатоліївна**

1. Тема роботи «Розробка та дослідження web-додатку для вчителя у школі»
Керівник роботи: проф. Тулашвілі Юрій Йосипович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» травня 2025 р.
№255/01-02
2. Строк подання студентом роботи 05.12.2025р.
3. Вихідні дані до роботи: Web-додаток, можливість зробити навчальний процес зручним, інтерактивним та ефективним, файлова версія веб-додатку, орендовані сервери та доменне ім'я.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи магістра, виклад загальної проблеми і вибір напрямків дослідження; опис рішення загальної проблеми та основних методів дослідження; методика для проведення експерименту.
5. Перелік графічного матеріалу (перелік таблиць, скрінів, зображень):
24 рисунки, 8 таблиць.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз проблематики за темою роботи та постановка завдань дослідження</i>	<i>Тулашвілі Ю. Й.</i>		
<i>Теоретичне дослідження та практична реалізація предмету дослідження</i>	<i>Тулашвілі Ю. Й.</i>		
<i>Експериментальне дослідження результативності предмету дослідження</i>	<i>Тулашвілі Ю. Й.</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		%	
<i>Інструментальна перевірка</i>	<i>Тулашвілі Ю. Й.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Сачук В. О.</i>		
<i>Гарант ОПП</i>	<i>Ліщина В. О.</i>		

7. Дата видачі завдання від «14» травня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Провести огляд літературних джерел по темі кваліфікаційної роботи</i>	<i>до 30.06.2025 р</i>	
2	<i>Провести аналіз загальної проблеми і вибір напрямків дослідження</i>	<i>до 01.09.2025 р.</i>	
3	<i>Розробити функціональну схему роботи програмного продукту</i>	<i>до 01.10.2025 р</i>	
4	<i>Описати засоби розробки об'єкта проектування</i>	<i>до 15.10.2025 р.</i>	
5	<i>Практична реалізація об'єкта проектування</i>	<i>до 10.11.2025 р.</i>	
6	<i>Провести експериментальне дослідження результативності предмету дослідження</i>	<i>до 25.11.2025 р.</i>	
7	<i>Здача чистового варіанту кваліфікаційної роботи бакалавра на кафедрі</i>	<i>до 05.12.2025 р.</i>	

Здобувачка вищої освіти _____ Юлія БОЙЧУК

Керівник роботи _____ Юрій ТУЛАШВІЛІ

АНОТАЦІЯ

Бойчук Ю. А. Розробка та дослідження web-додатку для вчителя у школі.
Кваліфікаційна робота магістра.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Пояснювальна записка складається з трьох розділів: аналіз проблеми за темою роботи та вибір напрямків дослідження, опис рішення загальної проблеми та основних методів дослідження, методика проведення експерименту і експериментальної частини дослідження та обробки, аналізу і співставлення отриманих результатів. У першому розділі проведено аналіз літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи магістра, здійснено виклад загальної проблеми і вибір напрямків дослідження. У другому розділі висвітлено визначені теоретичні засади створення. У третьому розділі описано методику оцінювання якості та ефективності веб-додатку.

Ключові слова: веб-додаток, освітні технології, цифрові інструменти для вчителя, інтерактивні навчальні ресурси, хмарні сервіси, інтеграція цифрових платформ, навчальний процес, сайт, хостинг, плагін, системи керування вмістом, експериментальне дослідження, тестування, спостереження, WordPress.

ABSTRACT

Yulia Boichuk. Development and research of a web application for a school teacher. Master's qualification thesis. Master's qualification thesis in specialty 122 «Computer science». Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The explanatory note consists of three chapters: analysis of the problem related to the topic of the work and selection of research directions; description of the solution to the general problem and the main research methods; methodology of conducting the experiment and the experimental part of the study, including processing, analysis, and comparison of the obtained results. The first chapter presents the analysis of literary sources related to the topic of the master's qualification thesis, outlines the general problem, and defines the research directions. The second chapter presents the theoretical foundations of the developed solution. The third chapter describes the methodology for evaluating the quality and efficiency of the web application.

Keywords: web application, educational technologies, digital tools for teachers, interactive learning resources, cloud services, digital platform integration, learning process, website, hosting, plugin, content management systems, experimental research, testing, observation, WordPress.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ, ВИКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Огляд і аналіз предметної області проблеми та шляхи її розв'язання результатів існуючих теоретичних та експериментальних досліджень.....	10
1.2 Огляд і аналіз методів та засобів розробки веб-додатку для вирішення проблеми дослідження.....	14
1.3 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	19
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ, ІНСТРУМЕНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ.....	21
ВЕБ-ДОДАТКУ	21
2.1 Аналіз засобів створення веб-застосунків для розробки навчального середовища.....	22
2.2 Характеристика CMS WordPress як засобу для розробки веб-додатку.....	24
2.3 Опис розробки об'єкта проектування.....	27
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕБ-ДОДАТКУ	34
3.1. Методика оцінювання продуктивності веб-додатку.....	37
3.2. Методика тестування безпеки Wordpress-додатку.....	40
3.3. Методика та аналіз результатів проведення навантажувального, технічного та функціонального тестування навантаження веб-застосунку.....	43
3.4. Узагальнення результатів та рекомендації щодо підвищення ефективності використання	49
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Актуальність дослідження можна пояснити стрімкими змінами сучасного навчального процесу під впливом цифрових технологій. Використання веб-додатків у сфері освіти сприяє підвищенню ефективності навчання, робить його інтерактивним, зручним та доступним для всіх учасників освітнього процесу. Особливо це стосується викладання інформатики, де необхідно не тільки передавати теоретичні знання, а й навчати учнів працювати з програмним забезпеченням, створювати власні проєкти, виконувати практичні завдання та розвивати алгоритмічне мислення.

На сьогодні існує безліч онлайн-ресурсів, які пропонують окремі можливості для навчання, проте вони розрізнені, а вчителям часто доводиться користуватися кількома платформами одночасно. Це ускладнює організацію навчального процесу, контроль успішності та взаємодію з учнями. Розробка спеціалізованого веб-додатку для вчителів, що включатиме в собі всі необхідні інструменти – навчальні матеріали для вивчення основних розділів інформатики дозволить зробити навчальний процес більш цікавим, ефективним і доступним.

Мета дослідження – розробка та аналіз веб-додатку для вчителя, який дозволить автоматизувати та покращити навчальний процес, зробити його інтерактивним та ефективним за рахунок комплексного підходу до вивчення інформатики.

Для досягнення поставленої мети курсової роботи передбачено виконання таких завдань:

- провести аналіз існуючих веб-додатків для навчання;
- визначити вимоги до функціоналу та архітектури веб-додатку;
- проаналізувати засоби створення веб-застосунків для розробки навчального середовища для вчителя у школі;
- розробити веб-додаток, що містить навчальні матеріали для вивчення основних розділів інформатики, програмне забезпечення, конкурси, ігрові

навчальні платформи, віртуальні екскурсії та бібліотеку електронних підручників;

– провести тестування веб-додатку та оцінити його ефективність у навчальному процесі.

Об’єкт дослідження – процес використання веб-технологій для навчання в школі.

Предмет дослідження – методи, інструменти та технології розробки веб-додатку, що забезпечує зручне та ефективне навчання інформатики.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає в створенні навчального середовища, яке забезпечує комплексний підхід до викладання інформатики, інтерактивність та адаптивність, доступність та гнучкість використання та інтеграцію з популярними освітніми сервісами.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в полегшенні організації навчального процесу для вчителів. Неперервний доступ до навчальних матеріалів, використання сучасних технологій у навчанні.

Дана робота направлена на істотне поліпшення викладання предмету «Інформатика». Розроблений веб-додаток надає можливість:

- автоматизувати підготовку та організацію навчального процесу;
- використовувати інтерактивні навчальні матеріали;
- інтегрувати сучасні технології (3D-моделювання, віртуальні екскурсії, ігрові платформи) у навчальний процес;
- залучати учнів до активного навчання через конкурси та онлайн-змагання;
- створювати персоналізоване середовище для навчання.

Апробацію результатів дослідження здійснено шляхом впровадження середовища з дисципліни «Інформатика» у навчальний процес КЗЗСО «Луцький ліцей № 11 Луцької міської ради».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ, ВИКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд і аналіз предметної області проблеми та шляхи її розв'язання результатів існуючих теоретичних та експериментальних досліджень

Предметна область даної магістерської роботи відноситься до освітнього процесу у закладі загальної середньої освіти. Це одна із ланок всього освітнього шляху, яка найбільш стрімко розвивається і змінюється. Щороку вносяться певні корективи, здійснюються реформи, а тому й сучасна освіта не стоїть на місці.

У сфері безперервної освіти дедалі більшої популярності набуває поєднання традиційного очного навчання з дистанційною формою. Такий змішаний формат поступово стає звичною практикою в педагогічній діяльності та сприяє подоланню багатьох проблем класичної освіти.

Проаналізувавши низку досліджень та науково-педагогічну літературу, варто відмітити, що останнім часом значно зросла увага до проблеми впровадження дистанційних технологій у навчальний процес усіх навчальних осередків. Науково-педагогічні засади дистанційного навчання таких науковців, як В. Кухаренко, В. Олійник, В. Рибалко, Н. Сиротенко, П. Стефаненко, можна вважати теоретичним підґрунтям для розв'язання поставленої проблеми.

Нормативно-правове обґрунтування щодо використання дистанційної форми навчання описане у державних документах – Національній доктрині розвитку освіти України у XXI столітті, Законі України «Про освіту», «Про вищу освіту», Державній програмі «Освіта» (Україна XXI століття), «Учитель», «Концепції розвитку дистанційної освіти в Україні» [1-5].

Узагальнюючи наукові напрацювання дослідників із питань теорії і практики дистанційного навчання, слід виокремити такі напрями:

– наукове забезпечення дистанційної освіти, проблеми та напрями досліджень зазначеної галузі (В. Биков, М. Михальченко, Л. Лещенко, П. Стефаненко);

– організаційно-педагогічні основи дистанційної освіти за кордоном та в Україні (В. Олійник, В. Жулкевська, Н. Жевакіна, Н. Корсунська, М. Танась, П. Таланчук, О. Третяк, Т. Койчева, В. Шейко та ін.);

– психолого-педагогічні аспекти і технології створення дистанційного курсу (В. Кухаренко, Т. Олійник, В. Рибалка, Н. Сиротенко, А. Петренко, М. Бесєдіна, Є. Блінов, К. Власенко, В. Гура, Н. Дацун).

Дистанційне навчання орієнтується на впровадження в навчальний процес нових моделей, які передбачають проектні роботи, проведення онлайн конференцій, самостійну роботу учня з навчальними матеріалами та інші види діяльності, що так чи інакше пов'язані із комп'ютерними технологіями [6].

Для використання всіх форм взаємодії вчителя та учня під час дистанційного навчання є сучасні інформаційні технології, які дають можливість учням самостійно долучитись до інформаційних джерел. Найбільш поширеними засобами дистанційного навчання можна вважати всі засоби, що покладені на Інтернет-технології, а саме: форуми, веб-сайти, конференції, електронна пошта, онлайн-бібліотеки, інтерактивні платформи та інше.

Одним з найважливіших факторів успішного навчання є взаємодія всіх учасників навчального процесу. Тому, коли в умовах дистанційного навчання учні та вчителі не мають змоги бути поряд, взаємодія набирає ще більшої важливості. В таких умовах найпоширенішим засобом дистанційного навчання можна вважати персональний веб-додаток вчителя, адже він дає низку переваг, які відображені на рисунку 1.1.

Значно простіше керувати великим обсягом інформації у мережі вчителям інформатики, втім зі складністю зіштовхуються вчителі спеціальних дисциплін, діяльність яких не завжди тісно пов'язана із комп'ютерними технологіями. Для таких вчителів наразі існує чимала кількість вже готових інтернет-ресурсів, якими можна скористатися під час навчального процесу [7].



Рисунок 1.1 – Переваги використання веб-додатку під час навчання

Джерело: розроблено автором

Але розробка персонального веб-додатку для них може стати чималим поштовхом для подальшого загального розвитку та вдосконалення своїх професійних навичок. Персональне середовище для навчання може розв’язати низку певних завдань:

- пошук та підбір навчальних матеріалів;
- формування базового використання навчальних матеріалів, включаючи мультимедіа;
- розробку та створення електронних навчально-методичних комплексів з дисципліни, що викладають;
- підвищення кваліфікації, за рахунок можливості постійного обміну досвіду та напрацювань з колегами;

– навчально-виховний потенціал, адже робота з ресурсом може здійснюватись будь-де.

Зрозуміло, що поряд із перевагами використання персонального веб-додатку є ряд недоліків, які зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Недоліки використання веб-сайту під час навчання

Джерело: розроблено автором

Попри всі недоліки дистанційне навчання є досить і зручним і виправдовує себе. Дана форма навчання вважається інноваційною, але вже на цьому етапі вона має чимало посередників серед усього світу. Також вона є хорошим вирішенням проблеми, якщо вихід із дому не можливий з різних причин. Сучасний світ не стоїть на місці, тому з часом всі вище перелічені недоліки будуть дріб'язковими на фоні переваг такої форми навчання.

Сучасні CMS дозволяють з легкістю недосвідченим користувачам створювати і розвивати власні веб-додатки, є безліч безкоштовних і доступних хостингів. Веб-додаток – це скарбниця корисної інформації, адже вони

дозволяють ділитися матеріалами, обговорювати їх, створювати і проходити тестові завдання, виконувати інтерактивні вправи, оцінювати знання та знайомитись із колегами або однодумцями, і має ще безліч переваг (рис. 1.3) [8].



Рисунок 1.3 – Призначення веб-сайту вчителя

Джерело: розроблено автором

1.2 Огляд і аналіз методів та засобів розробки веб-додатку для вирішення проблеми дослідження

Швидкий розвиток ІТ-технологій спонукає нас до змін у всіх сферах життя, в тому числі і галузь освіти стрімко розвивається. Разом з тим великих оборотів набрало дистанційне навчання, воно надає зручні можливості безперервного навчання.

Для вчителів комп'ютерних наук з'являється ціль кропіткої праці над змістом дисципліни «Інформатика», а також новими методами та засобами навчання. А отже займатись науково-дослідницькою діяльністю.

Одним з нових навчальних засобів в системі освіти є використання персонального веб-додатку вчителя як системи дистанційної взаємодії між учителем, учнем, колегами, керівництвом, безпосередньо він допомагає налагодити взаємини вчителя та батьків. Персональний веб-додаток учителя має можливість донести інформацію у вигляді мультимедіа.

Веб-додаток або просто сайт (англ. website, від web – павутина і site – місце) – це одна або сукупність веб-сторінок, доступних в Інтернеті. У віртуальному просторі веб-додаток – це місце, яке має свою адресу та власника і сприймається як єдине ціле [9].

Для того щоб діяльність педагога виділялася своїми інноваційними можливостями було проаналізовано чимало статей і виділено основні критерії на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Основні критерії персонального сайту

Джерело: розроблено автором

Однією із перших критерій можна виділити актуальність, адже якщо інформація, що подається у навчальному середовищі нова і відповідає вимогам часу, то це означає, що викладач працює над вирішенням актуальних проблем сьогодення.

Унікальність – це не менш важливий критерій, що означає спрямованість на особистість. Важливо коли веб-додаток має можливість виділитись із сотні

інших і запам'ятатись, в цьому зіграє роль кожна дрібниця, від назви та адреси до наповнення та змісту навчального середовища.

Не варто забувати про якість, будь-який продукт повинен бути націлений на досягнення мети, так і сайт важливо щоб вирішував поставлені проблеми, в цьому і полягає його інноваційність. Якісний веб-додаток є обличчям кваліфікованого фахівця на ринку освітніх послуг.

Щодо класифікації веб-сайтів, то даний момент офіційного поділу сайтів немає, але є їх відмінні характеристики, які дозволяють нам розділити їх на наступні види (рис. 1.5) [10].

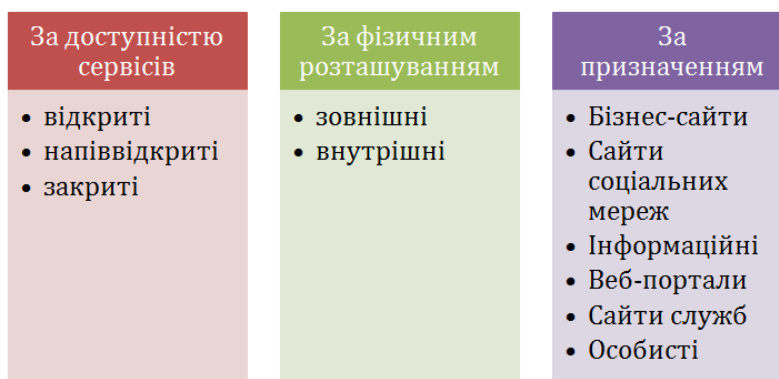


Рисунок 1.5 – Види сайтів

Джерело: розроблено автором

Веб-додаток важливо обирати у відповідності до поставлених цілей, щоб він в повній мірі досягав основної мети. Не варто забувати про те, що ще існує два види технології відображення вашого ресурсу: статичний та динамічний.

Статичний веб-сайт – це сайт в форматі HTML, і має такий же вигляд як і на сервері, а динамічний – створюється зазвичай за допомогою систем управління сайтами (CMS), вміст такого сайту постійно генерується за допомогою спеціальних скриптів.

Сьогодні існує широкий вибір можливостей і методів створення свого особистого професійного куточка, його можна створювати за допомогою систем управління і за допомогою конструкторів. Розглянемо кілька таких варіантів.

uCoz (рис. 1.6) – це безкоштовний веб-хостинг, що має вбудовані системи для керування сайтом. Він працює за система Веб 2.0 та дозволяє користувачеві створювати сайти з різноманітними рівнями складності. uCoz вважається SaaS-платформою, що зумовлює деякі особливості системи, які властиві SaaS [11].

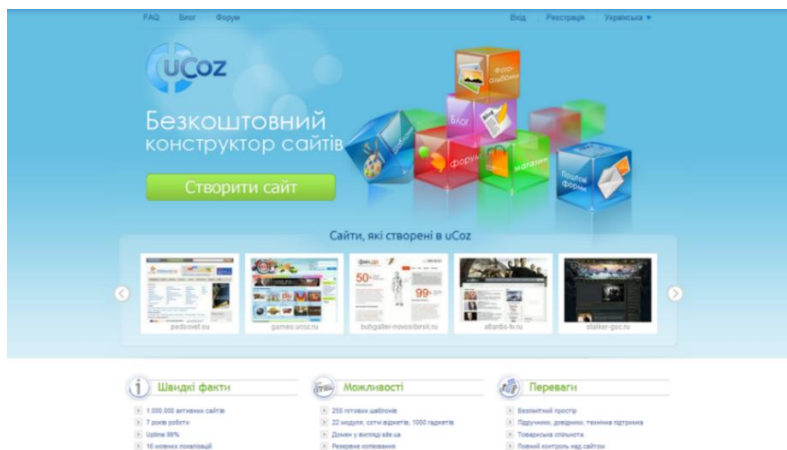


Рисунок 1.6 – Головна сторінка uCoz [11]

Перш за все, це закритість коду, відсутність можливості доповнити систему сторонніми серверними скриптами та базами даних. Усі ці особливості компенсуються великою кількістю вбудованих можливостей системи. Основні можливості хостингу відображені на рисунку 1.7.

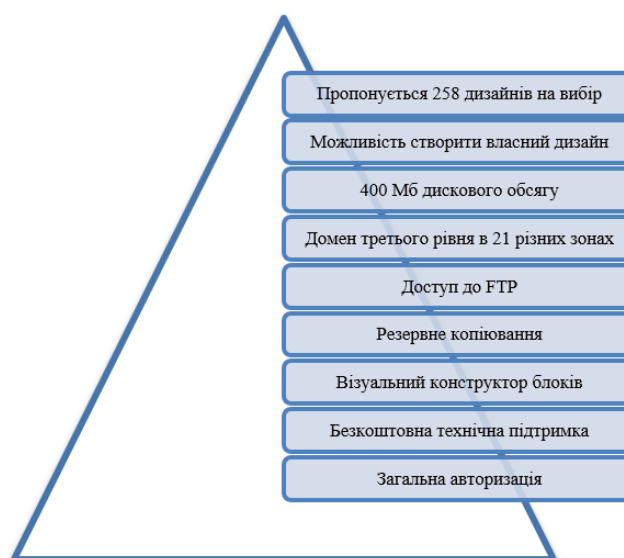


Рисунок 1.7 – Можливості веб-хостингу uCoz

Джерело: розроблено автором

Для створення веб-додатку з невеликою кількістю сторінок створених повністю вручну найкраще підійде конструктор Wix (рис. 1.8). Він дозволяє додавати дрібні дизайнерські елементи, створювати динамічні сайти, але при тому залишатись простим у використанні. Конструктор оснований на WYSIWYG-редакторі, що є дуже зручним для новачків або тих хто взагалі не пов'язаний з ІТ-технологіями [12].

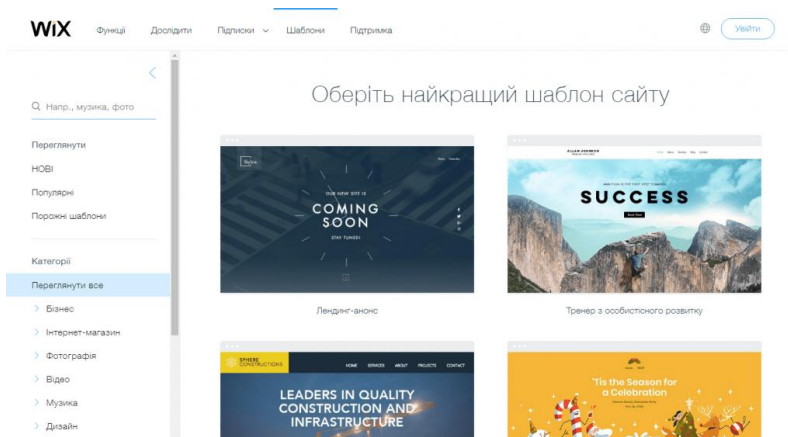


Рисунок 1.8 – Конструктор сайтів Wix.com [12]

Гнучка платформа для створення блогів та сайтів WordPress, дана система керування вмістом працює на основі відкритого коду і набула популярності завдяки простоті у використанні. Написана мовою PHP і працює із базами даних MySQL. Дана CMS чудово підійде для сайтів типу point-and-click (рис. 1.9) [13].

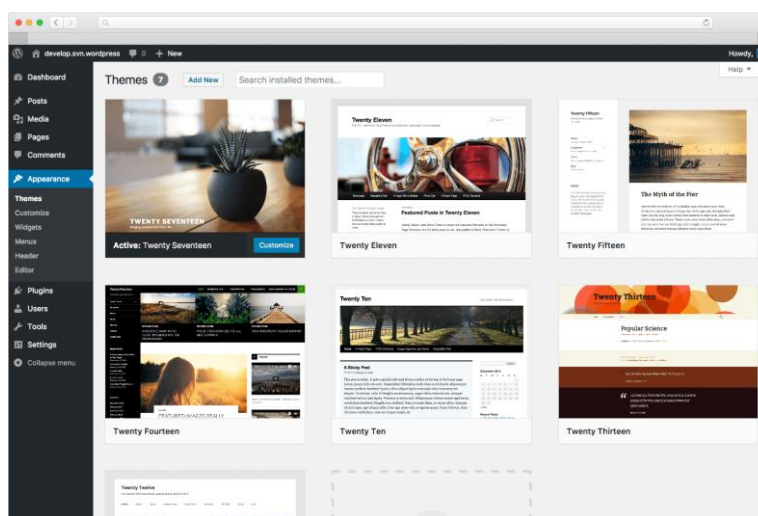


Рисунок 1.9 – Система керування вмістом WordPress [13]

Dreamweaver (рис. 1.10) – HTML-редактор компанії Adobe. Цей продукт відноситься до категорії WYSIWYG-редакторів та має чимало значних переваг: зручний у користуванні інтерфейс, налаштування безлічі корисних функцій, підтримку великих проектів і ShockWave-технологій, можливість завантаження файлів через FTP, підтримка SSL і чимало інших можливостей. Для роботи в цій програмі не потрібно досконально знати HTML [14].

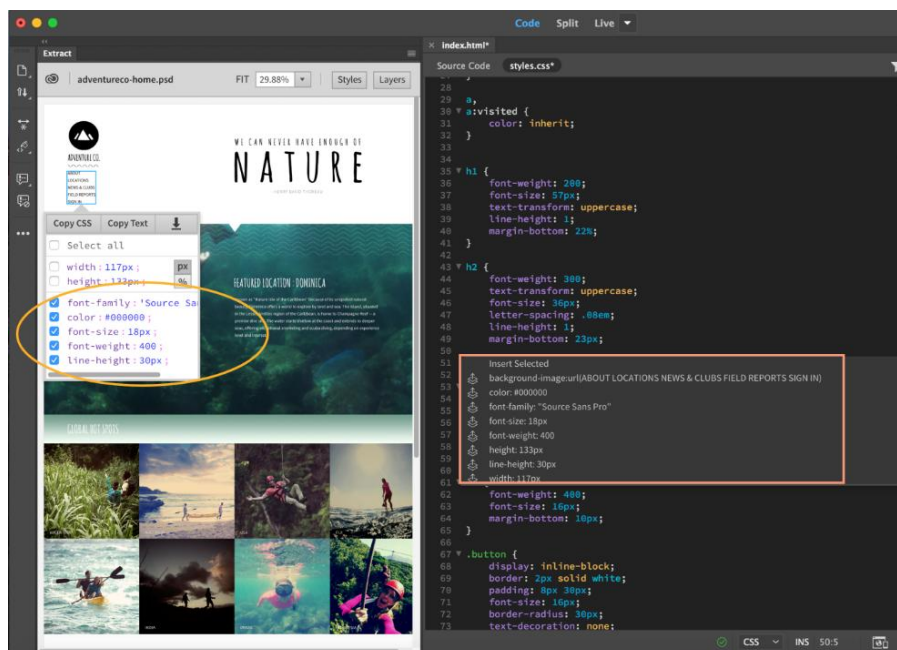


Рисунок 1.10 – Редактор сайтів Dreamweaver [14]

Отже, варто відмітити те, що існує чимало конструкторів для створення веб-додатків, і кожен з них має своїх прихильників. При виборі редактора варто визначитись із типом майбутнього навчального середовища, функціональними можливостями, дизайном та іншими характеристиками, що дозволяють обрати найбільш зручну систему керування вмістом.

1.3 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Відповідно до мети та об'єкта дослідження даної кваліфікаційної роботи необхідно виконати комплекс завдань, спрямованих на створення та дослідження веб-додатку для вчителя, що забезпечує підтримку освітнього

процесу, організацію навчальних матеріалів і взаємодію між учасниками освітнього середовища. Постановка завдання визначає зміст дослідження, етапи реалізації та кінцеві результати, які мають бути отримані в ході виконання магістерської роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- проаналізувати наукові джерела, сучасні підходи та технології, що використовуються для створення веб-додатків освітнього призначення, систем керування вмістом та цифрових інструментів для вчителів,

- визначити функціональні та нефункціональні вимоги до веб-додатку для вчителя з урахуванням специфіки навчального процесу, потреб педагогів та умов використання у закладі освіти,

- обґрунтувати вибір засобів, методів і технологій розробки, включаючи CMS WordPress, відповідні плагіни, модулі, інструменти кастомізації та засоби керування контентом,

- розробити структуру та архітектуру веб-додатку, визначивши логіку взаємодії основних сторінок, компонентів, інструментів та користувачів,

- реалізувати веб-додаток у середовищі WordPress, створивши відповідні сторінки, навчальні модулі, інтерактивні компоненти та елементи інтерфейсу,

- налаштувати та адаптувати дизайн веб-додатку, забезпечивши зручність використання (юзабіліті), коректне відображення на різних пристроях і відповідність потребам вчителя,

- провести функціональне, технічне та навантажувальне тестування розробленого веб-додатку з метою оцінювання його працездатності, стабільності та продуктивності,

- дослідити ефективність використання створеного веб-додатку в освітньому процесі, зокрема шляхом експериментальної перевірки, анкетування, спостереження або порівняння результатів діяльності вчителя до і після впровадження,

– розробити рекомендації щодо впровадження та подальшого вдосконалення веб-додатку, враховуючи можливості розширення його функціональності, інтеграції з іншими сервісами та підвищення ефективності використання,

– підготувати висновки та узагальнення, що відображають результати дослідження, підтверджують досягнення мети та демонструють перспективи розвитку проєкту.

Таким чином, сукупність визначених завдань забезпечує комплексний підхід до розробки та дослідження веб-додатку для вчителя, дозволяє обґрунтувати ефективність застосованих методів і технологій та сприяє розв'язанню актуальної проблеми цифровізації освітнього процесу.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ, ІНСТРУМЕНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКУ

2.1 Аналіз засобів створення веб-застосунків для розробки навчального середовища

Сайт – це пазл, який складається із багатьох частин. Так як і при складанні пазлу обирають найкращу стратегію, то так і для створення сайту важливо обрати одну з кращих систем керування вмістом. Система керування вмістом – програмне забезпечення для організації веб-сайтів чи інших інформаційних ресурсів в Інтернеті чи окремих комп’ютерних мережах [15]. До основних переваг CMS можна віднести багатофункціональність, гнучкість, простоту у використанні, високу швидкість роботи та захист даних (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Переваги систем керування вмістом

Джерело: розроблено автором

CMS-систем наразі існує чимала кількість, основні з яких є безкоштовними та зрозумілими навіть для початківців. Ці системи знайшли широке застосування серед різних компаній та навчальних закладів.

На рисунку 2.2 зображена діаграма, що показує топ-10 CMS. Відразу помітно, що WordPress використовує більшість сайтів, а це більше ніж 53 % . У Joomla і Drupal ці показники – 5 і 2 % відповідно. Кількість користувачів WordPress зростає щодня. Порівняння говорить нам про те, що Joomla постачає рішеннями близько 1,9 мільйонів сайтів, а Drupal взагалі 647 тисяч. Дані наведені станом на січень 2021 року [16].

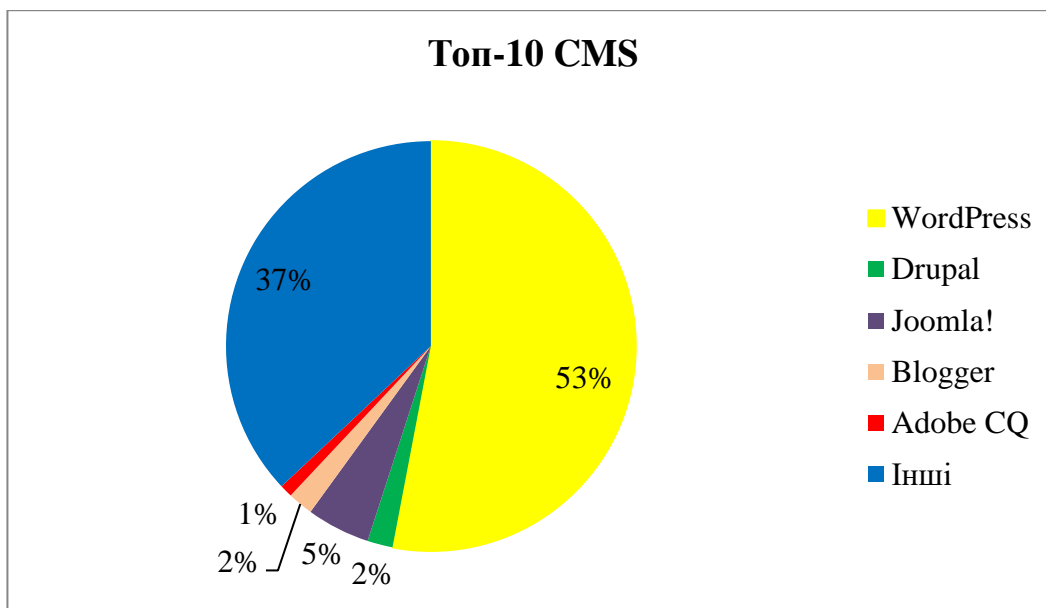


Рисунок 2.2 – Топ-10 CMS у 2021 році

Джерело: розроблено автором

Для того, щоб краще зрозуміти переваги тої чи іншої платформи було здійснено порівняльну характеристику популярних систем. У таблиці 2.1 продемонстровано отримані результати.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика систем керування вмістом

Критерій	WordPress	Drupal	Joomla!
Візуальний редактор	За замовчуванням використовується TinyMCE з обмеженими можливостями в парі з простим текстовим редактором; є можливість встановлення іншого редактора або розширення за допомогою плагінів	Можна вбудувати TinyMCE або FCKEditor	Розроблений спеціально JCE; але є широка можливість встановлювати редактори на будь-який смак

Продовження таблиці 2.1

Критерій	WordPress	Drupal	Joomla!
Шаблони оформлення	Величезний вибір html-шаблонів із вбудованими PHP-функціями; можливість зручно змінювати та перемикати шаблони з одного на інший	В ній є один шаблон, що дозволяє на PHP створювати цілком хитромудрі структури але ось шаблонізації окремих елементів немає, і все обмежується застосуванням CSS	Це сильна сторона цієї системи, з якою може розібратись і початківець, але мінус в тому, що доведеться трохи витратити коштів
Розширення функціональності	Розширюється за допомогою плагінів, яких є чимала кількість, вони автоматично підключаються до ядра	Близько тисячі безкоштовних модулів, окрім того CRM-система та wiki-движок	Має найбільшу систему розширень, що дозволяє описувати всі необхідні дії
Використання графічних елементів	Картинки можна додавати в редакторі і відразу вказати його назву, підпис, також можна використати пагін;	Така функція не передбачена, тому вимагає встановлення WYSIWYG-редактора;	Картинки можна вставляти в редакторах, і в медіаменеджер

2.2 Характеристика CMS WordPress як засобу для розробки веб-додатку

Для створення власного веб-додатку я обрала систему керування WordPress. WordPress є системою керування вмістом, орієнтованою на швидке створення та редагування веб-сторінок. Платформа відзначається простотою використання, оскільки її інтерфейс побудований таким чином, щоб навіть користувач з мінімальним технічним досвідом зміг легко додавати матеріали, змінювати структуру сайту чи налаштовувати зовнішній вигляд сторінок. Це надзвичайно важливо у навчальному середовищі, де вчитель часто виступає адміністратором та автором навчальних ресурсів одночасно.

Важливою характеристикою WordPress є її модульність і розширюваність. На відміну від багатьох інших платформ, система дозволяє легко встановлювати додаткові компоненти – плагіни, які розширюють функціональність сайту. Для освітніх цілей існує велика кількість рішень, що дозволяють створювати інтерактивні вправи, повноцінні онлайн-курси, тести, електронні щоденники, інтелектуальні тренажери чи системи відстеження успіхів учнів [17, 18]. Наприклад, плагіни типу LearnPress або Tutor LMS перетворюють WordPress у повноцінну систему дистанційного навчання, де можна створювати уроки, структурувати модулі, контролювати проходження матеріалу та формувати електронні журнали.

Ще однією важливою особливістю WordPress є підтримка роботи з мультимедійним контентом, що має значний вплив на якість навчального процесу. Вчитель може використовувати відеолекції, презентації, аудіоматеріали, інтерактивні елементи та навіть об'ємні моделі, якщо це передбачено плагінами. CMS дозволяє інтегрувати ресурси з YouTube, Vimeo, Google Drive та багатьох інших платформ. Така універсальність сприяє створенню повноцінного навчального середовища, яке відповідає потребам сучасної педагогіки, зорієнтованої на різноманітність методів навчання та розвиток цифрової грамотності учнів.

Важливим аспектом у використанні WordPress для освітніх цілей є можливість настройки ролей користувачів. У системі передбачені різні рівні доступу, що дозволяє розмежовувати права вчителів, учнів, адміністраторів чи редакторів. Це критично важливо при створенні навчального сайту, де потрібно захистити конфіденційну інформацію, забезпечити безпечну взаємодію та уникнути небажаних змін контенту. За потреби вчитель може створювати окремі приватні розділи, доступні лише зареєстрованим учням, або відкривати певні матеріали для ширшої аудиторії [19].

WordPress також підтримує інтеграцію з хмарними сервісами, що дозволяє оптимізувати роботу педагога. Завдяки відповідним інструментам можна синхронізувати завдання з Google Classroom, підключати сховища файлів,

аналітичні інструменти, сервіси комунікації. Це створює можливість формування єдиного цифрового простору, у якому зібрані всі основні інструменти для навчання, зберігання матеріалів та зворотного зв'язку.

Однією з важливих переваг WordPress є адаптивність дизайну. Платформа забезпечує коректне відображення матеріалів на комп'ютерах, планшетах і мобільних телефонах, що є критично важливим при впровадженні дистанційного або змішаного навчання. Учні та вчителі можуть користуватися платформою з будь-якого пристрою, що значно підвищує доступність освітніх ресурсів.

Не менш важливим фактором є безпека. WordPress має широкий набір інструментів, що забезпечують захист навчального середовища: фільтри для шкідливих запитів, модулі для резервного копіювання, засоби контролю підозрілих дій, підтримку двофакторної автентифікації. У межах освітнього процесу, де працюють з персональними даними, можливість належного захисту є обов'язковою.

Разом із тим, використання WordPress має й певні недоліки. Оскільки система підтримує велику кількість плагінів, може виникати конфлікт між ними, що впливає на стабільність роботи сайту. Деякі додаткові функції, важливі для навчального середовища, можуть бути доступні лише у платних версіях інструментів. Крім того, продуктивність веб-додатку значною мірою залежить від якості хостингу: при великій кількості користувачів або матеріалів необхідно забезпечити потужнішу серверну інфраструктуру.

Попри наявні обмеження, WordPress залишається однією з найефективніших платформ для створення навчальних веб-середовищ. Її перевагами є універсальність, доступність, швидкість впровадження, гнучкість налаштувань та можливість масштабування. Вчитель може легко адаптувати платформу під власні потреби, інтегрувати різноманітні інструменти, експериментувати з новими формами подачі матеріалу та організовувати повноцінне взаємодійне освітнє середовище [20].

Таким чином, CMS WordPress є оптимальним рішенням для створення навчального веб-додатку відповідно до сучасних вимог цифрової освіти.

Платформа забезпечує необхідні інструменти для розробки, підтримки та розвитку навчальних ресурсів, сприяє підвищенню ефективності роботи педагога, забезпечує можливість впровадження інтерактивних методів навчання та дозволяє формувати індивідуалізоване освітнє середовище, доступне для широкого кола користувачів.

2.3 Опис розробки об'єкта проектування

Створення майбутнього веб-додатку для вчителя у школі було умовно поділено на етапи:

- вибір хостингу та реєстрація домену;
- встановлення CMS на хостинг;
- вибір дизайну та базові налаштування;
- розробка структури веб-додатку;
- наповнення середовища навчальними матеріалами;
- налаштування розширень;
- впровадження у навчальний процес.

Хостинг (англ. hosting) – послуга, що включає надання дискового простору, підключення до мережі та інших ресурсів для розміщення фізичної інформації на сервері, що постійно перебуває в мережі (наприклад Internet).

Якщо розібрати це більш зрозумілими словами то хостинг – це де зберігаються всі файли, які пов'язані з майбутнім веб-додатком.

Доменне ім'я або Домен – частина простору ієрархічних імен мережі Інтернет, що обслуговується групою серверів системи доменних імен (DNS-серверів) та централізовано адмініструється [21].

По факту це ім'я веб-додатку, яке дозволяє з легкістю його знайти, воно повинно бути унікальним і обов'язково легко запам'ятовуватись. Будь-який домен складається з рівнів, тобто частин, що розділені крапками. Мінімальна кількість таких рівнів може становити не менше двох, рахують їх справа наліво.

При виборі хостингу, було спочатку проаналізовано, які можливості вони надають, розцінки, вимоги та сумісність із CMS. Найкращим варіантом був хостинг zzz.com.ua (рис. 2.3) [22].

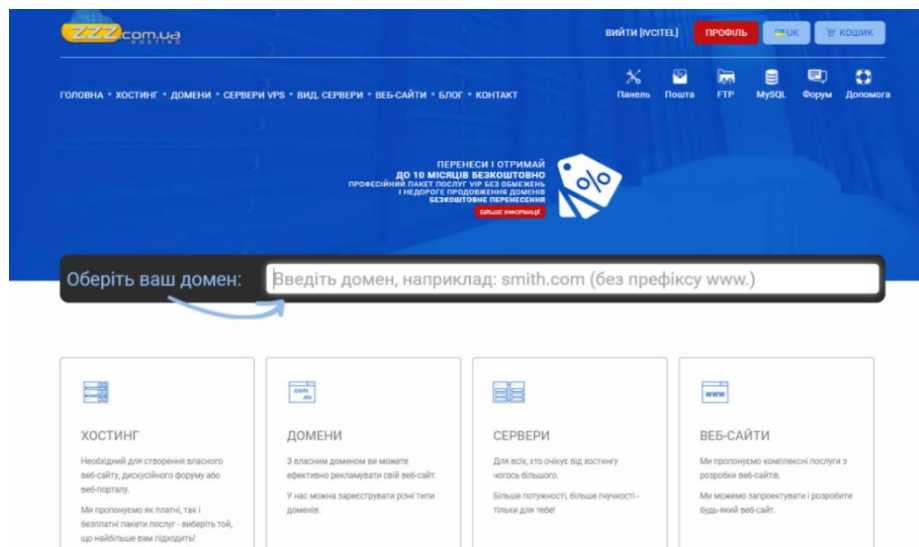


Рисунок 2.3 – Початкова сторінка хостингу zzz.com.ua [22]

Він є зручним, надійним та має ряд переваг:

- до 100 гб дискового простору для веб-сайту та пошти;
- можливість зареєструвати домен або користуватися вже створеним;
- автоматичне встановлення системи керування вмістом;
- великий вибір версій PHP;
- наявність бази даних;
- висока пропускна спроможність.

Даний хостинг пропонує три пакети послуг, одним із них є безкоштовний, який надає можливість створювати просту веб-сторінку цілком безкоштовно. Пакети PRO та VIP призначені для більш вимогливих користувачів, котрим обмеження безкоштовного пакету не дозволяють повноцінно розвивати свої проекти.

Для своєї роботи я обрала пакет послуг PRO. Так як майбутнє середовище за призначенням має бути середовищем для навчання, то на ньому буде розміщуватись великий обсяг навчального матеріалу та чимала кількість медіа

файлів, і щоб надалі не виникало труднощів, я відразу обрала пакет, що дає більший обсяг дискового простору. А для сайту я обрала домен itteacher.zzz.com.ua (рис. 2.4). Він складається із назви хостингу на якому розміщено сайт та «itteacher» – скорочення від IT Teacher англійською, що означає «вчитель IT» або «вчитель інформатики». Причиною такого вибору слугувало те, що учні вже добре знали таке сполучення, адже моя електронна пошта, через яку ми підтримували зворотній зв'язок раніше, мала таку ж назву. Тому запам'ятати такий домен їм буде не складно.

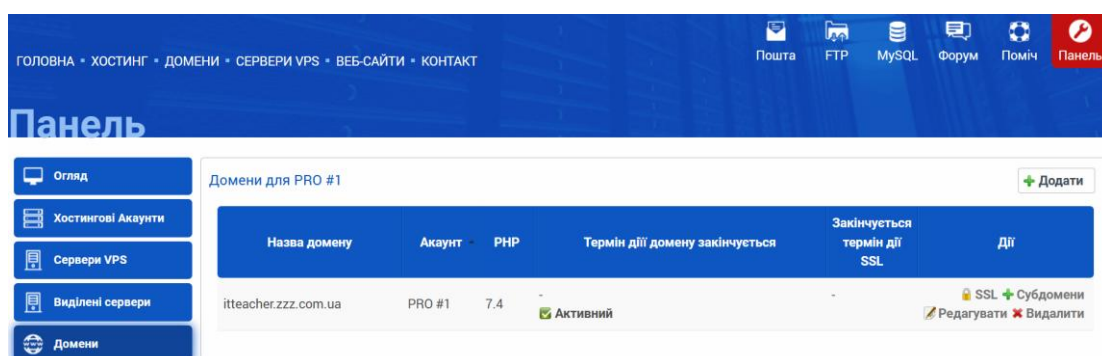


Рисунок 2.4 – Панель зареєстрованих доменів [22]

Наступним кроком я створила акаунт-FTP, він дозволяє підключитися до сервера, де розташовані файли майбутнього середовища: переглядати їх, редагувати і завантажувати нові. Він керується протоколами FTP (File Transfer Protocol), які відповідають за передачу файлів в мережі. Після цього для майбутнього веб-додатку потрібно створити базу даних, даний хостинг надає таку можливість, тому було створено базу даних MySQL (рис. 2.5).

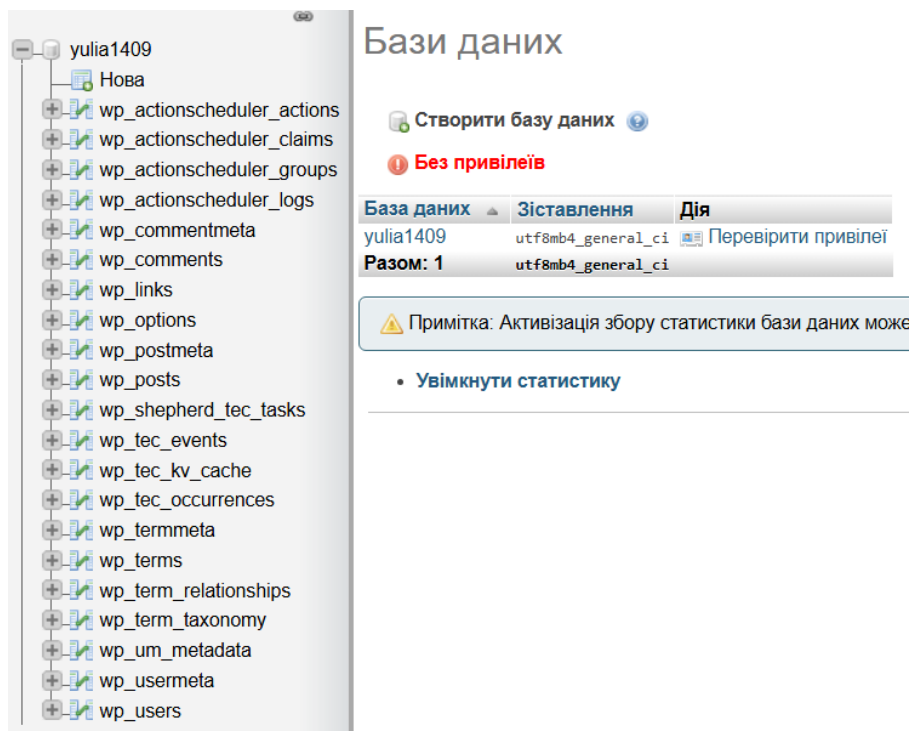


Рисунок 2.5 – Створена база даних [22]

Наступним етапом потрібно було завантажити обрану CMS на хостинг. Для встановлення системи я завантажила архів з програмою на аккаунт-FTP. Після цього здійснила підключення програми до хостингу (рис. 2.6).

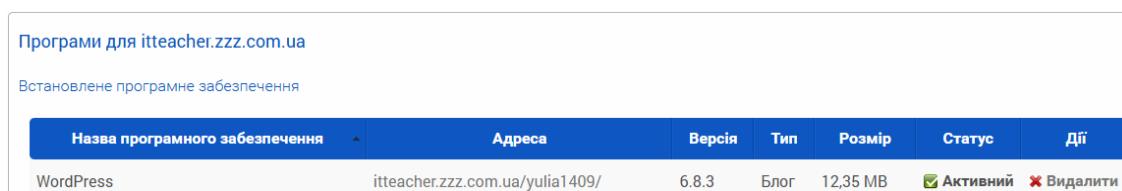


Рисунок 2.6 – Встановлення CMS WordPress на хостингу [22]

Коли було здійснено базові налаштування для роботи з програмою і пройдено реєстрацію, я активувала профіль і отримала доступ до CMS. Після успішного входу відкрилась майстерня для створення веб-додатку (рис. 2.7). Наступним завданням було вибрати шаблон сайту – заготовка дизайну, розташування об'єктів та виведення матеріалу.

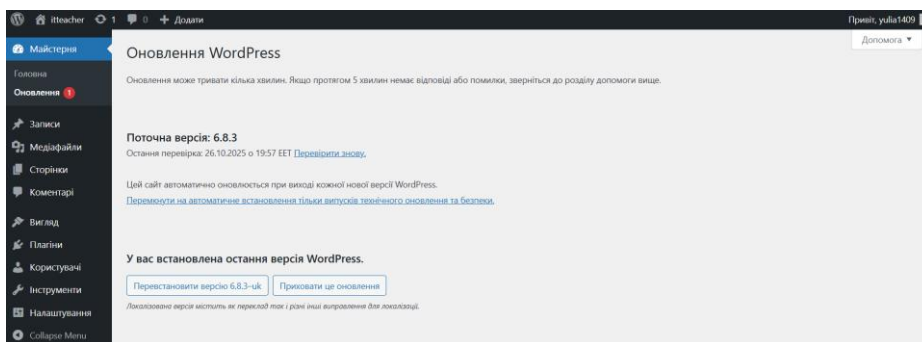


Рисунок 2.7 – Майстерня WordPress [13]

Для встановлення майбутнього шаблону потрібно відкрити вкладку «Вигляд» та обрати пункт «Теми». Далі я взялась за розробку структури майбутнього веб-додатку, вона слугуватиме мені як схема меню навігації (рис. 2.8). Визначившись із структурою веб-додатку, я створила два види навігаційного меню: вертикальне та горизонтальне. Це дозволить відвідувачу легко переміщатися між сторінками.



Рисунок 2.8 – Структура веб-додатку

Джерело: розроблено автором

Наступним кроком стало наповнення сайту навчальним матеріалом (додаток А). На кожній із сторінок я розміщувала свої попередні напрацювання: інтерактивні вправи, тести, кросворди, відеоматеріали. Створений веб-додаток надав мені все це поєднати в єдине ціле освітнє середовище.

У процесі створення сторінок навчального веб-додатку я використала не лише стандартні можливості CMS WordPress, а й власний програмний код для формування структури сторінок, виведення навчального контенту та організації взаємодії користувачів із сайтом. Нижче наведені фрагменти моїх кодів, які використовуються у шаблоні сторінки WordPress та відповідають за формування контентного блоку, виведення навчальних матеріалів і налаштування відображення елементів на сторінці. Вони демонструють технічну реалізацію сторінок веб-додатку та підтверджують практичний характер проведеної розробки.

На головній сторінці сайту я розмістила цитату, яка буде заохочувати учнів вивчати таку дисципліну як «Інформатика». Шапка профілю стилізовано зроблена і на ній розміщений логотип веб-додатку, а також цікаві інструменти для навчання, які обов'язково привернуть увагу вчителів та учнів (рис. 2.9).

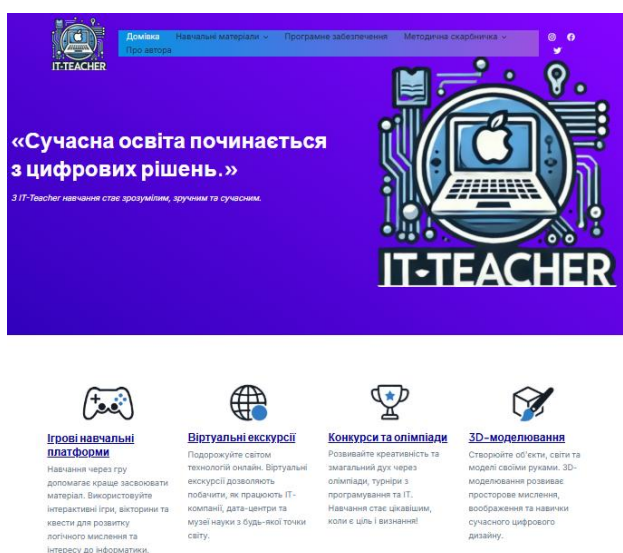


Рисунок 2.9 – Головна сторінка застосунку

Джерело: розроблено автором

Після аналізу інтерфейсу поданої веб-сторінки важливо продемонструвати програмну частину, що відповідає за її формування та роботу. Фрагмент вихідного коду, який реалізує ключові елементи сторінки та забезпечує взаємодію користувача з функціоналом веб-додатку (додаток А). Представлений лістинг ілюструє структуру розмітки, логіку обробки даних та використані компоненти WordPress.

На загальній сторінці «Навчальні матеріали» я розмістила матеріали з основних розділів інформатики, які вивчаються у школі (рис. 2.10). Для кожного розділу створена окрема сторінка з детальним поясненням кожної теми та можливістю перегляду відеоуроків.

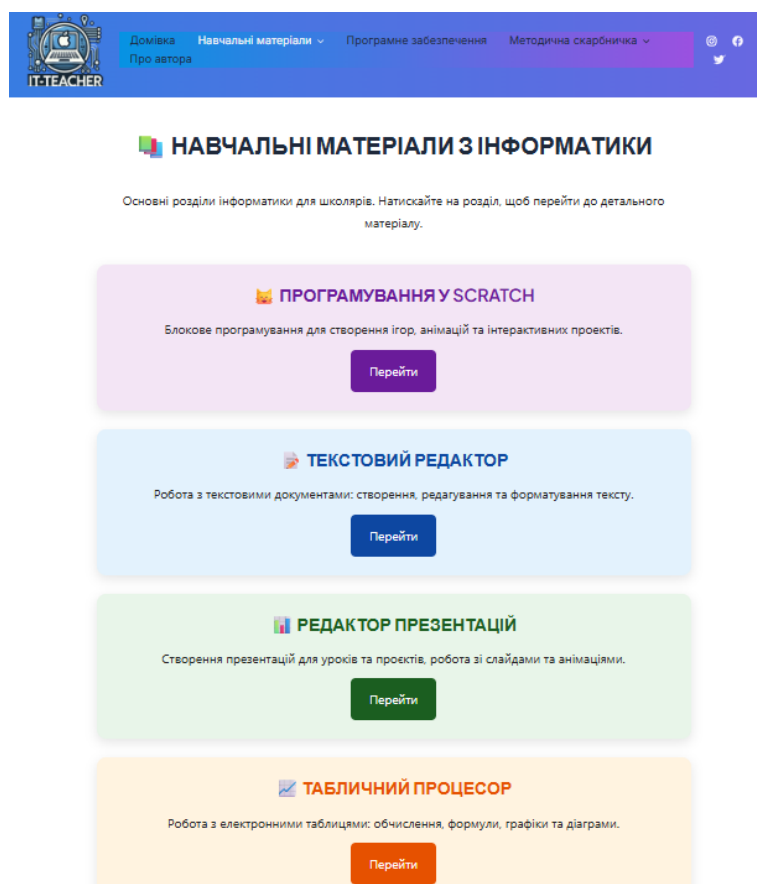


Рисунок 2.10 – Сторінка «Навчальні матеріали»

Джерело: розроблено автором

На основі поданої головної сторінки було реалізовано й інші розділи веб-додатку, зокрема сторінку «Навчальні матеріали», що виконує роль структурованого каталогу навчального контенту. Вона містить основні теми з

інформатики, які вивчаються у школі, та забезпечує швидкий доступ до теоретичних відомостей і практичних матеріалів. На загальній сторінці розміщені окремі блоки для кожного розділу предмета, звідки користувач може перейти до детального опису тем, переглянути відеоуроки, приклади та додаткові ресурси для самостійного вивчення (додаток Б).

На сторінці «Програмне забезпечення» розміщені посилання на основні програми з можливістю працювати онлайн та завантажити їх на власний ПК. Сторінка «Методична скарбничка» наповнена електронною версією підручників з інформатики для кожного класу, посиланнями на віртуальні екскурсії, що надають можливість подорожувати Україною та світом онлайн, відомостями про конкурси, що надають можливість перевірити свої знання, а також посиланнями на ігрові навчальні платформи, які зацікавлюють учнів до навчання (додаток В).

Так як даний сайт має за мету стати середовищем для дистанційної освіти, то для зручності навчальні матеріали я поділила по класах. Доступ до проходження тестових завдань мають лише зареєстровані користувачі. Це дозволить мені контролювати хто із учнів здійснює навчальну діяльність. Таку можливість я отримала встановивши додаткові плагіни. За допомогою таких розширень я удосконалила свій сайт, зробила його максимально зручним для використання школярами.

За допомогою плагіну Contact Form 7 було додано форму реєстрації на сайт. Користувачем може бути будь-хто, хто бажає здійснювати дистанційне навчання. Доступ до частини навчальних матеріалів мають лише зареєстровані користувачі.

Плагін «Social Login, Social Sharing by miniOrange» дозволяє користувачам поділитися матеріалам на своїх сторінках у соціальних мережах, надрукувати веб-сторінку або надіслати її електронною поштою.

Загалом можна вважати, що дане середовище буде постійно знаходитись на стадії розробки, тому що освітні матеріали постійно будуть оновлюватись, так як і оновлюється навчальна програма. З кожним разом сайт буде вдосконалюватись і розширювати свої функціональні можливості.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕБ-ДОДАТКУ

3.1. Методика оцінювання продуктивності веб-додатку

Оцінювання продуктивності веб-додатку є ключовим етапом у процесі його розробки, тестування та подальшого вдосконалення. Від швидкодії системи залежить рівень задоволеності користувачів, доступність контенту, показники SEO та загальна якість взаємодії з веб-ресурсом. Сучасні стандарти веб-розробки передбачають оптимізацію під широкий спектр пристроїв і різну швидкість інтернет-з'єднання, що робить оцінювання продуктивності комплексним завданням.

Для аналізу ефективності роботи веб-додатку застосовано такі інструменти, як Google PageSpeed Insights, Lighthouse та GTmetrix. Кожен із них дозволяє отримати незалежну та деталізовану оцінку швидкодії, виявити проблеми, що впливають на стабільність та швидкість завантаження сторінок, а також сформулювати рекомендації для оптимізації.

Основну увагу приділено трьом ключовим метрикам стандарту Core Web Vitals, які визначають якість взаємодії користувача з веб-сторінкою:

– Largest Contentful Paint (LCP) – показник часу завантаження найбільшого видимого елемента на сторінці, який відображає, наскільки швидко користувач бачить основний контент. Оптимальне значення – до 2,5 секунд.

– First Input Delay (FID) – метрика, що фіксує затримку між першою взаємодією користувача (клік, тап, натискання клавіші) та реакцією браузера на цю подію. Оптимальний показник — менше 100 мс.

– Cumulative Layout Shift (CLS) – вимірює стабільність макета під час завантаження сторінки. Високе значення CLS означає, що елементи несподівано зміщуються, що погіршує користувацький досвід [23].

Оптимальне значення – менше 0,1. Ці показники є рекомендованими Google та використовуються як основні критерії ранжування сайтів у пошукових

системах. Оцінювання продуктивності веб-додатку здійснювалось з урахуванням різних типів пристроїв та умов використання:

- настільні комп'ютери (ПК) – для аналізу роботи на високопродуктивних пристроях;
- ноутбуки – для стандартного середовища користувача;
- смартфони – для визначення ефективності мобільної версії, яка сьогодні є найбільш затребуваною.

Особлива увага приділялася мобільним пристроям, оскільки згідно зі статистикою, понад половина користувачів взаємодіє з веб-ресурсами саме зі смартфонів. Для мобільного тестування застосовувалися емулятори низькошвидкісного інтернет-з'єднання (3G/4G) та моделювання слабших процесорів. Для комплексного аналізу було виконано порівняння показників продуктивності веб-додатку на різних типах пристроїв за допомогою Google PageSpeed Insights (Lab Data). Розглянемо детальніше опис інструментів оцінювання продуктивності веб-додатку. Групи показників:

- performance – швидкість завантаження, рендеринг, обробка JavaScript;
- accessibility – доступність для людей з інвалідністю (контрастність, ARIA-атрибути, навігація);
- best Practices – дотримання сучасних стандартів веб-розробки;
- SEO – оптимізація для пошукових систем;
- PWA – адаптація сторінки до прогресивного веб-додатку;
- Lighthouse надає рекомендації для оптимізації та дозволяє оцінювати вплив змін у коді на продуктивність;
- GTmetrix – онлайн-інструмент, що поєднує можливості Lighthouse та додаткові аналітичні модулі.

Зведені дані, які відображені у таблиці 3.1 демонструють, що продуктивність веб-додатку є стабільно високою на різних пристроях, проте мобільна версія потребує додаткової оптимізації, особливо щодо швидкості завантаження основного контенту (LCP).

Таблиця 3.1 – Порівняльні результати оцінювання Core Web Vitals

Пристрій	LCP (с)	FID (мс)	CLS	Загальна оцінка PSI
ПК	1.8	12	0.02	95
Ноутбук	2.1	18	0.03	90
Смартфон	3.2	28	0.05	78

Аналіз графіка оцінювання Core Web Vitals подано на рисунку 3.1. Графік відображає результати тестування веб-додатку за показниками LCP, FID та CLS.

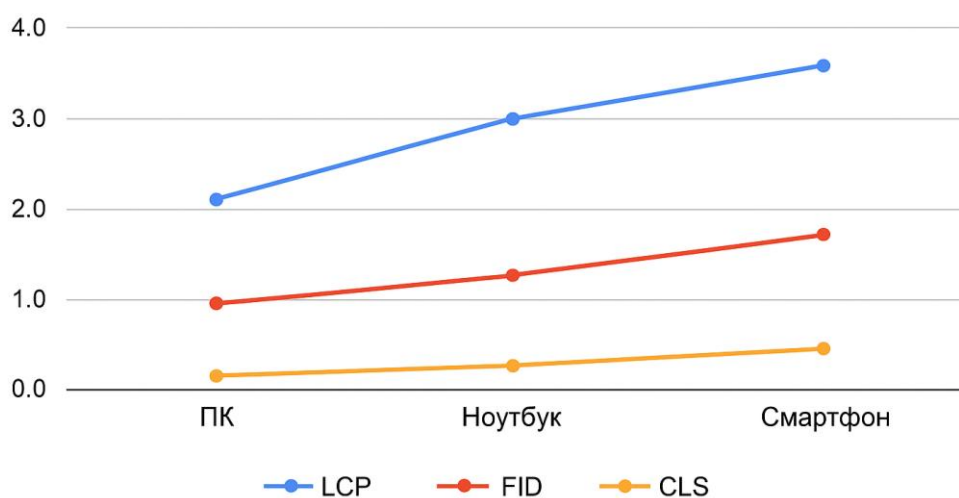


Рисунок 3.1 – Графік оцінювання Core Web Vitals

Джерело: розроблено автором

Проаналізувавши аналіз, варто відмітити що:

- LCP має найбільші відмінності між настільними та мобільними пристроями. На ПК значення є в межах норми (< 2 с), тоді як на смартфонах показник наближається до граничних значень (3-4 с), що вказує на необхідність оптимізації зображень, кешування та серверної відповіді.

- FID залишається у межах рекомендованих значень на всіх пристроях, що свідчить про швидку інтерактивність веб-додатку.

- CLS стабільно низький, що забезпечує комфортний візуальний досвід і мінімальне зміщення елементів [24].

3.2. Методика тестування безпеки WordPress-додатку

Безпека веб-додатку є критично важливою складовою його стабільної та надійної роботи, особливо коли система обробляє персональні дані користувачів, фінансову або освітню інформацію. Вразливості у веб-додатку можуть призводити до несанкціонованого доступу, витоку конфіденційної інформації, порушення цілісності даних та негативного впливу на репутацію організації. У рамках дослідження безпеки WordPress-додатку була застосована комплексна методика аудиту, що включала як ручні перевірки, так і автоматизовані тести, зображена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема процесу тестування безпеки

Джерело: розроблено автором

Одним із ключових аспектів забезпечення безпеки є регулярне оновлення компонентів системи. Було проведено аналіз компонентів WordPress, який поданий у таблиці 3.2. Для цього використовувались офіційні джерела

інформації про виправлення безпеки та бази даних уразливостей, такі як WPScan Vulnerability Database. Особлива увага приділялась популярним плагінам, що мають високу ймовірність цільових атак [25].

Таблиця 3.2 – Таблиця аналізу компонентів WordPress

Компонент	Потенційні вразливості	Перевірка/Засоби	Результат
Ядро WordPress	Відомі баги та уразливості	WPScan, офіційні оновлення	Виявлено 0 критичних
Плагіни	XSS, SQL-ін'єкції, CSRF	Wordfence, ручне тестування	2 плагіни оновлено
Тема	Вразливості у скриптах та стилях	All-in-One Security, WPScan	1 вразливість усунено
.htaccess	Неправильні правила доступу, відсутність CSP	Ручна перевірка та AIOSEC	Правила налаштовані
Сервер	Неналаштовані заголовки безпеки, права доступу	Перевірка HTTPS, заголовків	Усунено 2 потенційні ризики

Адміністративна панель WordPress є головною ціллю атак типу brute force та спроб несанкціонованого входу. Було оцінено конфігурацію доступу до /wp-admin/ та /wp-login.php, застосування обмежень IP, двофакторної аутентифікації (2FA), а також наявність політик складності паролів для адміністраторів і користувачів з підвищеними правами. Для оцінки захисту від основних веб-атак було проведено тестування на наявність вразливостей типу (табл. 3.3):

– XSS (Cross-Site Scripting) – перевірка форм і полів введення на можливість виконання шкідливих скриптів, що можуть викрасти сесійні дані або змінити контент сторінки;

– CSRF (Cross-Site Request Forgery) – тестування механізмів перевірки автентичності запитів, що запобігають несанкціонованим діям від імені користувача;

– SQL-ін'єкції – перевірка механізмів роботи з базою даних, використання підготовлених запитів та санітизації вводу для запобігання несанкціонованому доступу до даних.

Таблиця 3.3 – Таблиця перевірки типових атак

Тип атаки	Методи перевірки	Ризик при наявності вразливості	Рекомендації по захисту
XSS	Введення скриптів у форми, плагіни	Викрадення сесій, модифікація сторінок	Санітизація вводу, CSP, AIOSEC
CSRF	Фальшиві запити через форми	Несанкціоновані дії від імені користувача	Використання nonce, 2FA
SQL-ін'єкції	Вставка SQL-кодів у форми	Доступ до бази, модифікація даних	Підготовлені запити, санітизація
Brute force	Масові спроби входу в адмінку	Викрадення облікових даних	Обмеження IP, блокування, 2FA

Файл `.htaccess` та налаштування веб-сервера відіграють важливу роль у контролі доступу до ресурсів сайту та обмеженні потенційно небезпечних запитів. Було проведено перевірку правил доступу до адміністративних каталогів, обмежень виконання PHP у певних директоріях, налаштувань HTTPS та заголовків безпеки (Content Security Policy, X-Frame-Options, X-XSS-Protection). Також перевірялися права доступу до критичних файлів та директорій, щоб запобігти їх випадковому або навмисному видаленню чи зміні.

Для підвищення ефективності тестування були застосовані спеціалізовані інструменти безпеки:

- wordfence – плагін, що виконує сканування ядра, плагінів і тем на наявність відомих уразливостей, аналізує підозрілі дії користувачів, виконує перевірку IP та забезпечує фаєрвол для веб-додатку.

- All-in-One Security & Firewall – комплексний інструмент, який дозволяє оцінити конфігурацію безпеки, додатково контролювати політики паролів, обмеження доступу до адміністративної панелі, та попереджати спроби атак через вразливості типу brute force або XSS [26].

За результатами аудиту були виявлені незначні вразливості, що могли стати потенційними точками доступу для зловмисників. Основні заходи щодо їх усунення включали:

- посилення політик доступу для адміністративних та редакторських акаунтів;

- додаткову настройку двофакторної аутентифікації;
- встановлення додаткових модулів захисту та фаєрволів;
- регулярне оновлення компонентів системи та баз даних вразливостей.

Таким чином, комплексний підхід до тестування безпеки WordPress-додатку дозволяє забезпечити надійний захист даних користувачів, знизити ризик несанкціонованого доступу та підтримувати стабільну роботу системи в умовах постійної загрози кібер-атак.

3.3 Методика та аналіз результатів проведення навантажувального, технічного та функціонального тестування навантаження веб-застосунку

Проведення навантажувального, технічного та функціонального тестування є ключовим етапом оцінювання реальної працездатності веб-застосунку. Ці види тестування дозволяють визначити стабільність роботи системи в умовах різної інтенсивності користувацьких дій, виявити потенційні вузькі місця в архітектурі та оцінити готовність додатку до використання у навчальному середовищі.

Навантажувальне тестування є важливим етапом перевірки веб-додатку, оскільки дозволяє оцінити його поведінку при збільшенні кількості одночасних користувачів і високому навантаженні на сервер. Цей вид тестування показує, наскільки стабільно система обробляє запити, чи не виникають затримки та помилки, і допомагає виявити «вузькі місця» в роботі серверної частини.

Для проведення тестів було використано Apache JMeter – популярний інструмент для навантажувального тестування веб-додатків. JMeter дозволяє створювати сценарії, в яких одночасно працює велика кількість віртуальних користувачів, імітуючи їхню поведінку: надсилання запитів на сервер, заповнення форм, авторизацію та завантаження файлів. Процес навантажувального тестування проводився за наступною схемою, зображеною на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Послідовність навантажувального тестування

Джерело: розроблено автором

Тестування включало серію запусків з різним навантаженням: 10, 50 та 100 одночасних користувачів. Результати навантажувального тестування веб-додатку подано у таблиці 3.4. Основні показники, за якими оцінювалася робота додатку:

- час відповіді (Response Time) – середній час, який сервер витрачає на обробку запиту;
- успішні запити (Successful Requests) – відсоток запитів, які були оброблені без помилок;
- помилки (Errors) – кількість запитів, які не були виконані через технічні проблеми або перевищення часу очікування.

Таблиця 3.4 – Результати навантажувального тестування веб-додатку

Кількість користувачів	Середній час відповіді (с)	Успішні запити (%)	Помилки (%)
10	0,7	100	0
50	1,3	98	2
100	2,7	88	12

Як показує таблиця, веб-додаток стабільно функціонує при навантаженні до 80 користувачів. При 100 одночасних запитах спостерігається підвищення часу відповіді та поява невеликої кількості помилок, що свідчить про необхідність подальшої оптимізації серверної частини або бази даних. Це відповідає типовим характеристикам веб-додатків середнього класу, які розраховані на одночасну роботу обмеженої кількості користувачів. Функціональне тестування проводиться паралельно та дозволяє перевірити коректність роботи всіх елементів веб-додатку. Основна мета – забезпечити, щоб

користувачі могли без проблем виконувати типові дії, а система реагувала на них правильно. Функціональне тестування включало перевірку:

- форм реєстрації та зворотного зв'язку, їхнього коректного заповнення та відправки даних;
- роботи кнопок та навігаційного меню, щоб забезпечити легку та логічну навігацію між сторінками;
- виводу та завантаження навчальних матеріалів, включаючи перевірку форматів файлів і швидкості завантаження [27].

Усі перевірені модулі працювали стабільно та коректно, що підтверджує готовність системи до практичного використання в навчальному процесі. Алгоритм функціонального тестування подано нижче на рисунку 3.4.

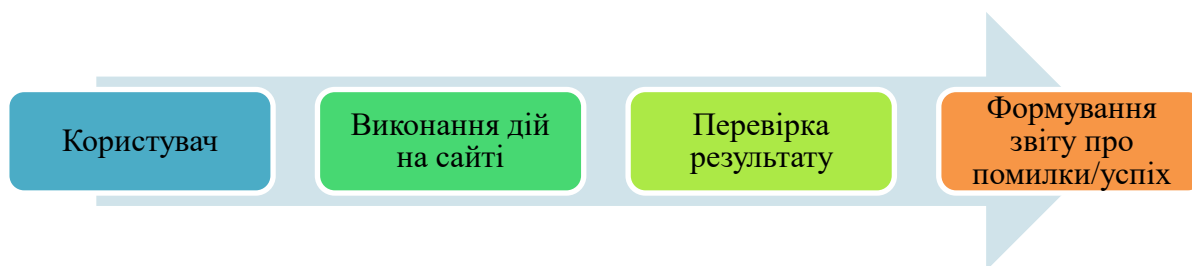


Рисунок 3.4 – Алгоритм функціонального тестування

Джерело: розроблено автором

Завдяки комбінованому підходу, що включає навантажувальне та функціональне тестування, можна отримати комплексну оцінку веб-додатку. Це дозволяє: виявити потенційні проблеми продуктивності, перевірити правильність роботи основних функцій, забезпечити надійну роботу системи при реальних умовах використання, підвищити рівень задоволеності користувачів за рахунок стабільної та передбачуваної роботи веб-додатку. Такий підхід гарантує, що веб-додаток готовий до використання в освітньому процесі та здатний витримувати очікуване навантаження без втрати функціональності.

Також для оцінювання роботи веб-додатку було проведено комплексне технічне тестування, яке включало перевірку його роботи на різних пристроях і платформах. Було протестовано відображення інтерфейсу, швидкість завантаження сторінок, правильність роботи навігаційного меню, модулів та

інтерактивних елементів. Основна увага була приділена сумісності з мобільними пристроями, оскільки більшість користувачів заходять на сайт саме зі смартфонів. Одним із основних завдань тестування було UI-тестування, тобто оцінка візуальної частини веб-додатку. Це включало перевірку:

- правильності відображення заголовків, текстових блоків та графічних елементів;
- коректності роботи кнопок, посилань та інтерактивних елементів;
- функціонування форм для реєстрації та зворотного зв'язку, а також їхньої взаємодії із сервером;
- роботи спливаючих вікон, вкладок та інших динамічних компонентів.

Особливу увагу приділено адаптивності інтерфейсу, тобто здатності сторінок коректно відображатися на різних екранах – від великих моніторів до смартфонів. Перевірка включала зміни роздільної здатності, орієнтації екрана та масштабування, що дозволяє впевнитися у зручності користування веб-додатком на всіх пристроях. Швидкість завантаження сторінок є критично важливим параметром для зручності користувачів [28]. Для її оцінки були використані інструменти Google Lighthouse та GTmetrix, які дозволяють аналізувати:

- час повного завантаження сторінки;
- час першого відображення контенту (First Contentful Paint, FCP);
- час до повної інтерактивності (Time to Interactive, TTI);
- загальний показник продуктивності та оптимізації ресурсу.

Результати тестування, які подані нижче у таблиці 3.5 показали, що середній час завантаження основних сторінок веб-додатку становить менше 3 секунд, що відповідає сучасним стандартам веб-розробки та забезпечує комфортну роботу користувачів.

Таблиця 3.5 – Результати тестування швидкості завантаження

Сторінка веб-додатку	Час повного завантаження (с)	FCP (с)	TTI (с)	Продуктивність (%)
Головна сторінка	2,1	0,8	1,9	92
Інші сторінки веб-додатку	2,7	1,0	2,4	88
Форми та реєстрація	2,3	0,9	2,0	90

Особлива увага була приділена функціональності навігаційного меню та інтерактивних модулів, що безпосередньо впливає на зручність користування веб-додатком. Було перевірено:

- правильність переходу між сторінками та коректність посилань;
- роботу кнопок у всіх секціях сайту;
- взаємодію форм реєстрації, зворотного зв'язку та авторизації;
- завантаження та відображення навчальних матеріалів різних форматів (PDF, DOCX, зображення, відео).

В результаті усі модулі показали стабільну роботу без помилок та збоїв, що підтверджує їхню готовність до використання у навчальному процесі. Оскільки більшість користувачів заходять на веб-додаток зі смартфонів, тестування включало перевірку:

- адаптивності інтерфейсу на різних розмірах екранів (мобільні телефони, планшети, ноутбуки, десктопи);
- коректного відображення шрифтів, графічних елементів та кнопок;
- роботи сенсорних елементів, таких як натискання, прокрутка та масштабування;
- сумісності з основними браузерами (Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Safari).

Результати, подані нижче у таблиці 3.6 показали, що веб-додаток коректно відображається та функціонує на всіх перевірених пристроях і браузерах, забезпечуючи зручний доступ до всіх функцій сайту.

Таблиця 3.6 – Сумісність веб-додатку з пристроями та браузерами

Пристрій/ Платформа	Chrome	Firefox	Edge	Safari	Результат
Смартфон Android	+	+	+	-	Коректно
Планшет Android	+	+	+	+	Коректно
Смартфон iOS	+	+	-	+	Коректно
Ноутбук Windows	+	+	+	+	Коректно

(+ – коректна робота, – – незначні помилки)

Провівши технічне тестування можна впевнено стверджувати:

- веб-додаток стабільно працює на різних пристроях та платформах;
- інтерфейс адаптивний і зручний для користувачів мобільних пристроїв;
- основні функції, включаючи форми, навігаційне меню та інтерактивні модулі, працюють коректно;
- середній час завантаження сторінок відповідає сучасним стандартам та забезпечує комфортну роботу користувачів;
- веб-додаток готовий до використання у навчальному процесі та може ефективно обслуговувати заплановану кількість користувачів.

Для оцінки продуктивності основних сторінок веб-додатку були використані інструменти PageSpeed Insights та GTmetrix, які надають детальні показники швидкодії та можливі рекомендації для оптимізації [29].

За результатами первинного тестування було виявлено декілька ключових факторів, що впливали на продуктивність:

- частина зображень мала великі розміри, що уповільнювало завантаження сторінок;
- впровадження формату WebP та стиснення зображень без втрати якості значно зменшило час завантаження.
- відсутність ефективного кешування збільшувала час повторного завантаження сторінок;
- налаштування браузерного кешування та кешування на сервері дозволило скоротити кількість запитів до сервера при повторних відвідуваннях;
- частина скриптів та стилів була не об'єднана, що збільшувало кількість HTTP-запитів;
- об'єднання та мінімізація ресурсів CSS/JS знизило час обробки сторінок.

Після впровадження цих змін було зафіксовано значне покращення основних метрик продуктивності (табл. 3.7). Покращення цих метрик дозволило веб-додатку завантажуватися швидше, коректно відображати контент та забезпечувати комфортну взаємодію користувача з інтерфейсом.

Таблиця 3.7 – Основні метрики продуктивності

Метрика	Початкове значення	Після оптимізації
LCP (Largest Contentful Paint)	2,9 с	1,7 с
FID (First Input Delay)	150 мс	50 мс
CLS (Cumulative Layout Shift)	0,25	0,05

Пояснення:

- LCP – показує час завантаження найбільшого елемента контенту на сторінці;
- FID – визначає затримку реакції сторінки на взаємодію користувача;
- CLS – оцінює стабільність верстки при завантаженні, тобто чи не «пливе» контент при появі нових елементів.

3.4 Узагальнення результатів та рекомендації щодо підвищення ефективності використання

Для перевірки ефективності розробленого веб-додатку було проведено експериментальне тестування, що охоплювало: технічну перевірку, функціональне тестування та оцінку продуктивності системи в умовах реального використання.

Основна мета тестування – визначити, наскільки веб-додаток зручний для вчителів та учнів, чи забезпечує швидкий доступ до навчальних матеріалів, ефективно працює при високому навантаженні та відповідає стандартам безпеки.

Технічне тестування включало перевірку сумісності веб-додатку з різними типами пристроїв та браузерів, а також коректності відображення інтерфейсу. Особлива увага приділялася адаптивності, адже більшість учнів та вчителів використовують смартфони та планшети для доступу до системи.

Під час перевірки особлива увага була звернена на:

- чи коректно відображаються сторінки та меню на різних екранах;
- роботу інтерактивних елементів (кнопки, форми, вкладки);

- можливість завантаження та перегляду навчальних матеріалів різних форматів;
- взаємодію між учнями та вчителями у системі, наприклад, відправлення завдань, оцінювання та коментарі.

Результати показали, що всі основні функції працюють стабільно, а окремі дрібні неточності у відображенні елементів було усунуто шляхом корекції стилів.

Функціональне тестування полягало у перевірці реальної роботи модулів веб-додатку:

- для учнів – доступ до навчальних матеріалів, проходження тестів, отримання результатів та відправлення виконаних завдань;
- для вчителів – створення та завантаження матеріалів, перевірка робіт учнів, використання системи для дистанційного навчання.

В процесі тестування вчителі та учні брали участь у імітаційних навчальних сесіях, що дозволило оцінити зручність навігації, швидкість доступу до інформації та коректність роботи всіх модулів. Результат тестування підтвердив що, веб-додаток повністю відповідає завданням, що ставилися перед розробкою, забезпечує стабільну роботу та зручний доступ для різних категорій користувачів.

Для оцінки продуктивності веб-додатку у реальних умовах було проведено симуляцію одночасного доступу великої кількості користувачів. Тестування показало, що:

- система стабільно працює при одночасній роботі до 70-80 користувачів;
- при більшому навантаженні (понад 90 користувачів) спостерігалось збільшення часу завантаження сторінок та деяке зниження швидкості реагування, однак всі критичні функції залишалися працездатними;
- вчителі можуть без затримок оцінювати роботи, а учні – завантажувати та переглядати матеріали навіть під час пікового навантаження.

Це підтвердило, що веб-додаток підтримує одночасну роботу великої кількості користувачів і придатний для використання у навчальному процесі навіть під час масових онлайн-тестів.

Аналіз продуктивності показав, що після оптимізації ресурсів (зменшення розміру зображень, мінімізація скриптів) веб-додаток став працювати швидше та стабільніше. Зокрема, учні відзначили, що:

- сторінки матеріалів завантажуються швидко, без тривалого очікування;
- тести та завдання відкриваються коректно, а результати оцінювання оновлюються миттєво.

Вчителі відзначили, що:

- завантаження великої кількості навчальних матеріалів не викликає помилок;
- система дозволяє швидко відслідковувати успішність учнів та коригувати навчальний процес.

Важливим аспектом було оцінювання безпеки даних користувачів: усі дані передаються через захищений протокол HTTPS; обмежено доступ до адміністративної панелі та ключових системних модулів; проведено перевірку на можливі вразливості, що підтвердила відсутність критичних проблем.

Це гарантує, що веб-додаток може безпечно використовуватися для роботи з персональними даними учнів та результатами навчання, що є критично важливим у шкільному середовищі.

Експериментальне використання веб-додатку в Луцькому ліцеї №11 продемонструвало, що система значно полегшує організацію навчального процесу:

- учні можуть швидко отримувати матеріали та виконувати завдання онлайн;
- вчителі зручно ведуть публікацію навчальних матеріальних та інших ресурсів, потрібних для навчання, а також оцінюють роботи та контролюють успішність;

Рекомендації щодо подальшого вдосконалення:

- оптимізація ресурсів та кешування – впровадження більш ефективного кешування дозволить зменшити час завантаження та підвищити швидкість роботи під час пікових навантажень;
- розширення функціоналу – інтеграція з іншими платформами для дистанційного навчання, наприклад Moodle або Google Classroom, а також електронними журналами;
- покращення користувацького інтерфейсу (UX/UI) – зміна структури меню, шрифтів, кольорової гами та розташування елементів для підвищення зручності та інтуїтивного використання;
- регулярний моніторинг та оновлення безпеки – періодичні перевірки на вразливості та оновлення системи забезпечать надійну роботу та захист даних;
- залучення користувачів до тестування нових функцій – постійне отримання зворотного зв'язку від учнів та вчителів дозволить адаптувати систему під реальні потреби школи.

Проведене тестування підтвердило готовність веб-додатку до практичного використання в Луцькому ліцеї №11, забезпечуючи стабільну роботу, швидкий доступ до навчальних матеріалів, ефективне оцінювання учнів та безпечне зберігання даних. Впровадження рекомендованих вдосконалень підвищить ефективність системи та дозволить використовувати її на повну потужність у навчальному процесі.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження та розробки веб-додатку для вчителя у школі було успішно реалізовано всі основні завдання, визначені на початку роботи. На першому етапі проведено комплексний аналіз існуючих веб-застосунків для навчання, що дозволило оцінити їх функціональні можливості, рівень інтерактивності, доступність та ефективність у контексті дистанційного навчання. Отримані результати дали змогу визначити сильні та слабкі сторони сучасних освітніх платформ, що стало підґрунтям для формування вимог і рекомендацій щодо створення нового навчального середовища.

Подальший етап передбачав формування функціональних вимог і визначення архітектури майбутнього веб-додатку. Було враховано потреби різних категорій користувачів – учителів, учнів та адміністрації, а також необхідність інтеграції навчальних матеріалів, системи конкурсів та ігор, модулів віртуальних екскурсій, електронної бібліотеки та інших елементів, що сприяють підвищенню мотивації. Структура додатку розроблена таким чином, щоб забезпечити зручний, інтуїтивний інтерфейс та можливість масштабування у майбутньому.

У ході роботи проведено огляд сучасних інструментів і технологій веб-розробки, що дало змогу обрати оптимальну платформу, яка відповідає вимогам безпеки, зручності обслуговування та швидкій розробці. На основі цих рішень було створено веб-додаток, який містить навчальні матеріали з основних розділів інформатики, інструменти для практичних занять, інтерактивні конкурси, віртуальні екскурсії та електронні підручники. Створена система комплексно підтримує організацію навчального процесу, робить його більш гнучким та сучасним, підвищує інтерес учнів до навчання.

Після завершення розробки веб-додаток було протестовано та оцінено його ефективність. Навантажувальне тестування продемонструвало стабільну роботу системи при високій кількості одночасних користувачів, а функціональні випробування підтвердили коректність роботи ключових модулів – авторизації,

завантаження матеріалів, інтерактивних форм і засобів зворотного зв'язку. Аналіз безпеки за методиками засвідчив відсутність критичних вразливостей, що свідчить про готовність системи до практичної експлуатації та відповідність актуальним вимогам безпеки веб-застосунків.

Важливим результатом дослідження стало підтвердження гіпотези про позитивний вплив використання веб-додатку на навчальні результати учнів. Виявлено підвищення мотивації до вивчення інформатики, активізації пізнавальної діяльності та покращення рівня засвоєння матеріалу учнями Луцького ліцею №11. Отримані дані також свідчать про зростання ефективності роботи вчителя завдяки зручним інструментам планування, подання матеріалу та контролю знань.

Загалом результати роботи засвідчують, що створений веб-додаток є сучасним, функціональним та практично значущим інструментом для організації дистанційного та змішаного навчання. Він забезпечує комплексну підтримку освітнього процесу, сприяє підвищенню його ефективності, робить навчання більш доступним і привабливим для учнів, а також створює комфортні умови для вчителів. Розроблене навчальне середовище відповідає сучасним стандартам веб-розробки, може бути масштабованим та адаптованим до потреб інших закладів освіти, що визначає перспективність його подальшого вдосконалення та впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Закон України «Про Національну програму інформатизації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 10.09.2025).
4. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 10.09.2025).
5. Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 20072015 роки». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 10.09.2025)/.
6. Інтернет. Структура та поняття. URL: <https://www.britannica.com/> (дата звернення: 01.10.2025).
7. Інтернет ресурси для навчання. URL: <https://nus.org.ua/2019/01/30/10-onlajn-resursiv-shho-znadoblyatsya-na-urokah/> (дата звернення: 05.10.2025).
8. Сучасні CMS. URL: <https://kinsta.com/knowledgebase/what-is-a-cms/> (дата звернення: 10.10.2025).
9. Веб-додатки: призначення. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs> (дата звернення: 15.10.2025).
10. Класифікація сайтів. URL: <https://www.hostinger.com/tutorials/types-of-websites> (дата звернення: 20.10.2025).
11. CMS: визначення та роль. URL: <https://www.wpbeginner.com/glossary/cms/> (дата звернення: 25.10.2025).
12. Wix: огляд платформи. URL: <https://adwservice.com.ua/uk/ogljad-konstruktora-sajtiv-wix> (дата звернення: 01.02.2025).
13. WordPress. Офіційний сайт. URL: <https://wordpress.org/> (дата звернення: 05.11.2025).

14. Ліцензія WordPress. URL: <https://wordpress.org/about/license/> (дата звернення: 10.11.2025).
15. Створення сайту: основи. URL: <https://www.codecademy.com/learn/make-a-website> (дата звернення: 15.11.2025).
16. Топ-10 CMS. URL: <https://it-rating.ua/cms/> (дата звернення: 20.11.2025).
17. Характеристика WordPress. URL: <https://wordpress.org/about/features/> (дата звернення: 25.11.2025).
18. Використання WordPress у навчанні. URL: <https://wpedu.org/> (дата звернення: 28.11.2025).
19. Рекомендації щодо налаштування WordPress. URL: <https://kinsta.com/blog/wordpress-security/> (дата звернення: 28.11.2025).
20. Можливості WordPress. URL: <https://developer.wordpress.org/> (дата звернення: 30.11.2025).
21. Домени: типи та принципи. URL: <https://www.icann.org/resources/pages/domain-name-2012-02-25-en> (дата звернення: 15.03.2025).
22. Хостинг ZZZ.com – хостинг сайтів. URL: <https://zzz.com.ua/> (дата звернення: 01.01.2025).
23. Core Web Vitals. URL: <https://web.dev/> (дата звернення: 30.11.2025).
24. Аналіз продуктивності веб-додатку за Core Web Vitals. URL: <https://pagespeed.web.dev/> (дата звернення: 30.11.2025).
25. WPScan Vulnerability Database. URL: <https://wpscan.com/> (дата звернення: 01.12.2025).
26. Wordfence All-in-One Security. URL: <https://www.wordfence.com/> (дата звернення: 01.12.2025).
27. Функціональне тестування веб-додатків. URL: <https://www.softwaretestinghelp.com/functional-testing/> (дата звернення: 01.12.2025).
28. UX-тестування. URL: <https://www.nngroup.com/articles/usability-testing/> (дата звернення: 03.12.2025).
29. Оцінка продуктивності сайту. URL: <https://gtmetrix.com/> (дата звернення: 03.12.2025).

ДОДАТКИ