

**МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І
СИСТЕМ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Розробка інтерактивного вебсайту для презентації послуг та прийому
заявок на 3D-друк

Здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
IV курсу, групи КБ-22-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»


(підпис)

Андрійчук Антон
Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник


(підпис)

Грищенко Світлана
Миколаївна, канд.пед.наук, ст.
досл.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь,
вчене звання)

Керівник освітньо-
професійної програми


(підпис)

Ніжегородцев Владислав
Олександрович, канд. пед.
наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь,
вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри комп'ютерних та інформаційних
технологій і систем протокол від «12» травня 2026 № 20

Завідувач кафедри


(підпис)

Філоненко Михайло
Миколайович, канд. фіз.-мат.
наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь,
вчене звання)

Ірпінь – 2026

Реєстрація № 58

28.05.2026

(дата)



(підпис відповідальної особи)

Результати перевірки

до захисту
(до захисту, на доопрацювання)

12.05.2026р

(дата)



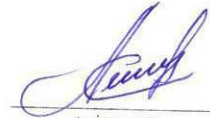
(підпис)

Результат захисту

4 (добре)
(оцінка)

08.06.2026

(дата)



(підпис)

Голова комісії:



(підпис)

О.С. Дюбанов

Члени комісії:



(підпис)

М.М. Філоненко



(підпис)

В.О. Ніжегородцев



(підпис)

А.А. Омельчук

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки в балах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії, секретаря, (підписи)
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст випускної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	22		08.06.2026 Грищенко С.М. Дюбанов О.С.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	7		Філоненко М.М. Ніжегородцев В.О.
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	4		Омельчук А.А. Суховерхівка Л.П.
4. Рецензент	від 0 до 5	5		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	38		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником – 37 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря, (підписи)
75	C	4 (добре)	08.06.2026	Дюбанов О.С. Філоненко М.М. Ніжегородцев В.О. Омельчук А.А. Суховерхівка Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	
50-59	E	3 (задовільно)
35-49	FX	2 (незадовільно)

Факультет фінансів та цифрових технологій

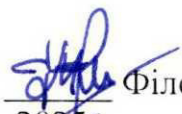
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

Освітня програма: «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»

Затверджую

Завідувач кафедри  Філоненко М.М.

« 01 » грудня 2025

Завдання на кваліфікаційну роботу
здобувачу вищої освіти

Андрійчуку Антону Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка інтерактивного вебсайту для презентації послуг та прийому заявок на 3D-друк

Затверджена наказом ректора від «28» листопада 2025 № 1526

2. Строк здачі закінченої роботи «08» травня 2026

3. Мета роботи: є проєктування та програмна реалізація інтерактивного вебсайту для компанії LETMAKE3D, що забезпечує презентацію послуг 3D-друку.\\

Об'єкт дослідження Базою дослідження є виробнича діяльність компанії LETMAKE3D у місті Обухів, яка спеціалізується на наданні послуг високоточного FDM та SLA 3D-друку з використанням сучасного обладнання Bambu Lab.

Предмет дослідження є методи, технології та програмні засоби розробки інтерактивного вебсайту.

Орієнтовна база дослідження: Виробнича діяльність компанії letmake3D у місці Обухів, яка спеціалізується на наданні послуг високоточного FDM друку.

4. Вихідні дані до роботи: Технологічні вимоги та бізнес – процеси компанії Letmake3D щодо, взаємодії із замовниками.

5. Перелік графічного матеріалу: діаграму, схеми архітектуру структуру вебсайту, користувацького інтерфейсу і адміністративної панелі.

6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом):

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТІВ
ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ 3D-ДРУКУ

1.1 Поняття 3D-друку, огляд ринку послуг та аналіз предметної області

1.2. Сучасні підходи до веброзробки: технології, архітектура та

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБСАЙТІВ
КОМПАНІЇ LETMAKE3D

2.1. Проєктування архітектури, структури та дизайну вебсайту

2.2. Програмна реалізація клієнтського інтерфейсу

РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ
СИСТЕМИ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	2	3	4
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, формування структури кваліфікаційної роботи	До 20.11.2025	До 20.11.2025
2	I розділ (розкрити сутність і стан дослідження наукової проблематики роботи, після чого навести її загальну характеристику; огляд літератури за темою і вибір конкретних напрямів досліджень)	30.01.2026	30.01.2026
3	II розділ (аналіз експериментальної частини про методики досліджень)	25.02.2026	30.02.2026
4	III розділ (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та проектні рішення)	20.04.2026	20.04.2026
5	Висновки	01.05.2026	01.05.2026
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	07.05.2026	07.05.2026
7	Отримання відгуку керівника	29.05.2026	29.05.2026
8	Отримання зовнішньої рецензії	01.06.2026	01.06.2026

8. Дата видачі завдання «01» грудня 2025

9. Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Грищенко С.М.
(прізвище, ініціали)

10. Керівник освітньо-професійної програми


(підпис)

Ніжегородцев В.О.
(прізвище, ініціали)

11. Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти


(підпис)

Андрійчук А.А.
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОГО ВЕБСАЙТУ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦІЇ ПОСЛУГ ТА ПРИЙОМУ ЗАЯВОК НА 3D-ДРУК

Мета роботи полягає в проектуванні та програмній реалізації інтерактивного вебсайту для компанії LETMAKE3D, що забезпечує ефективну презентацію послуг 3D-друку.

Завданнями роботи: проведення аналізу ринку послуг 3D-друку та предметної області; дослідження сучасних підходів та технологій фронтенд-розробки; проектування архітектури, структури та дизайну веб-сайту; програмна реалізація клієнтського інтерфейсу та форми прийому замовлень; реалізація безсерверної системи збору та обробки замовлень без власної бази даних; розробка адміністративної панелі управління заявками; тестування розробленої системи та оцінка її ефективності.

Предметом дослідження є методи, технології та програмні засоби розробки інтерактивного вебсайту для автоматизації прийому замовлень на послуги 3D-друку.

Об'єктом дослідження є процес інформаційної взаємодії між підприємством-постачальником послуг 3D-друку та його замовниками у веб-середовищі.

Базою дослідження виступає виробнича діяльність компанії LETMAKE3D.

За результатами дослідження спроектовано та реалізовано повнофункціональне односторінкове вебдодаток (SPA) на базі нативного стеку HTML5/CSS3/JavaScript ES6+. Розроблено безсерверну систему прийому замовлень через інтеграцію Google Apps Script та Google Sheets, що дозволяє автоматично зберігати дані клієнтів, приймати файли 3D-моделей на Google Drive та надсилати e-mail-повідомлення адміністратору. Реалізовано адміністративну панель із захистом паролем, фільтрацією, зміною статусів замовлень та експортом даних у CSV. Впровадження системи скоротило годину обробки одного замовлення на 30–40%, порівняно з попереднім підходом через месенджери.

Отримані результати можуть бути використані іншими підприємствами сфери технологічних послуг для цифровізації власних бізнес-процесів та автоматизації взаємодії з клієнтами.

Кваліфікаційна робота містить 38 сторінок, 10 малюнків, список використаних джерел із 40 найменувань, 3 додатки.

Ключові слова: 3D-друк, адитивне виробництво, вебсайт, SPA, фронтенд-розробка, HTML5, CSS3, JavaScript, безсерверна архітектура, Google Apps Script, автоматизація замовлень, адміністративна панель.

Рік виконання кваліфікаційної роботи: 2026.

Рік захисту роботи: 2026.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE WEBSITE FOR PRESENTATION OF SERVICES AND ACCEPTANCE OF APPLICATIONS FOR 3D PRINTING

The goal of this project is to design and develop an interactive website for LETMAKE3D that effectively showcases its 3D printing services.

Project objectives: conducting a market analysis of 3D printing services and the relevant industry; researching current approaches and technologies in front-end development; designing the architecture, structure, and design of the website; software implementation of the user interface and order form; implementation of a serverless system for collecting and processing orders without a proprietary database; development of an administrative panel for managing requests; testing the developed system and evaluating its effectiveness.

The subject of the study is the methods, technologies, and software tools for developing an interactive website to automate the acceptance of orders for 3D printing services.

The object of the study is the process of information interaction between a 3D printing service provider and its customers in a web environment.

The research is based on the production activities of the company LETMAKE3D.

Based on the results of the study, a fully functional single-page web application (SPA) was designed and implemented using a native HTML5/CSS3/JavaScript ES6+ stack. A serverless order processing system was developed through the integration of Google Apps Script and Google Sheets, which allows for the automatic storage of customer data, the receipt of 3D model files on Google Drive, and the sending of email notifications to the administrator. A password-protected admin panel was implemented, featuring filtering, order status changes, and data export to CSV. Implementation of the system reduced the processing time for a single order by 30–40% compared to the previous approach using instant messengers.

The results obtained can be used by other companies in the technology services sector to digitize their own business processes and automate customer interactions.

The thesis consists of 38 pages, 10 figures, a bibliography of 40 references, and 3 appendices.

Keywords: 3D printing, additive manufacturing, website, SPA, front-end development, HTML5, CSS3, JavaScript, serverless architecture, Google Apps Script, order automation, admin panel.

Year of thesis completion: 2026.

Year of thesis defense: 2026.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ 3D-ДРУКУ.....	7
1.1. Поняття 3D-друку, огляд ринку послуг та аналіз предметної області.....	7
1.2. Сучасні підходи до веброзробки: технології, архітектура та.....	11
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБСАЙТІВ КОМПАНІЇ LETMAKE3D.....	15
2.1. Проєктування архітектури, структури та дизайну вебсайту.....	15
2.2. Програмна реалізація клієнтського інтерфейсу.....	19
РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ.....	30
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37
ДОДАТИ.....	40

Вступ

Стрімкий розвиток цифрових технологій та глобальна тенденція до автоматизації бізнес-процесів перетворюють вебсайт підприємства з простого інформаційного буклету на повноцінний інструмент комерційної взаємодії з клієнтами. Сьогодні, в умовах насиченої конкурентної боротьби, наявність сучасного інтерактивного вебресурсу є не перевагою, а необхідною умовою ефективного ведення бізнесу. Особливо гостро це питання постає у секторі технологічних послуг, де клієнт повинен мати можливість швидко отримати вичерпну інформацію про послуги, подати заявку та отримати підтвердження свого звернення.

Технологія тривимірного друку (3D-друк) впродовж останнього десятиліття пройшла шлях від виключно промислового інструменту до доступної послуги для широкого кола споживачів – від приватних осіб і студентів до малого бізнесу, медичних установ та оборонного сектору. За даними аналітичних агенцій, глобальний ринок адитивного виробництва у 2023 році перевищив позначку у 20 мільярдів доларів США і продовжує демонструвати стійке зростання з середньорічним темпом понад 20 відсотків. В Україні також спостерігається активізація попиту на послуги локальних 3D-сервісів, зокрема у секторах прототипування, виробництва запасних частин та виготовлення індивідуальних виробів.

Попри технологічну зрілість галузі, переважна більшість малих вітчизняних підприємств у сфері 3D-друку досі не мають якісної цифрової присутності. Прийом замовлень відбувається переважно через месенджери, соціальні мережі та телефонні дзвінки, що унеможливорює структурований збір технічних вимог від клієнтів, ускладнює передачу цифрових моделей та знижує загальну ефективність операційних процесів. Відсутність єдиного цифрового каналу взаємодії призводить до втрати потенційних замовлень та зниження рівня задоволеності клієнтів.

Саме ці обставини зумовили актуальність обраної теми кваліфікаційної роботи. Розробка інтерактивного вебсайту для підприємства LETMAKE3D, яке надає послуги високоточного 3D-друку в місті Обухів, є науково-практичним завданням, спрямованим на цифровізацію бізнес-процесів підприємства та підвищення якості обслуговування клієнтів засобами сучасних вебтехнологій.

Питання проєктування сучасних вебдодатків, оптимізації клієнтських інтерфейсів та автоматизації бізнес-процесів через вебінструменти детально досліджені у численних наукових та практичних роботах. Зокрема, принципи побудови якісного користувацького досвіду (UX) розглянуті у працях Стіва Круга, Якоба Нільсена та Дона Нормана. Технічні аспекти фронтенд-розробки на базі сучасного стеку HTML5/CSS3/JavaScript висвітлені в роботах Маріна Хавербеке та Едді Османі. Водночас питання створення спеціалізованих інтерактивних платформ для автоматизації прийому замовлень у секторі технологічних послуг в українському сегменті розробки залишаються недостатньо дослідженими та потребують систематизації.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування та програмна реалізація інтерактивного вебсайту для компанії LETMAKE3D, який забезпечує ефективну презентацію послуг підприємства, автоматизований прийом замовлень від клієнтів із можливістю передачі 3D-моделей, а також надає адміністратору зручний інструмент для обробки вхідних заявок.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі **завдання**:

- провести аналіз предметної області, ринку послуг 3D-друку та існуючих підходів до веброзробки;
- вивчити сучасні технології та інструменти фронтенд-розробки, застосовні для реалізації проєкту;
- спроектувати архітектуру, структуру та дизайн інтерактивного вебсайту;
- розробити клієнтський інтерфейс вебсайту з повноцінним функціоналом прийому замовлень;

- реалізувати систему автоматичного збору та обробки замовлень без використання серверної бази даних;
- розробити адміністративну панель для зручного управління вхідними заявками;
- провести тестування розробленої системи та оцінити її ефективність.

Об'єкт дослідження — процес інформаційної взаємодії між підприємством-постачальником послуг 3D-друку та його замовниками у веб-середовищі.

Предмет дослідження — методи, технології та програмні засоби розробки інтерактивного вебсайту для автоматизації прийому замовлень на послуги 3D-друку.

База дослідження — виробнича діяльність компанії LETMAKE3D (м. Обухів), що спеціалізується на наданні послуг високоточного FDM та SLA 3D-друку із використанням обладнання Bambu Lab.

У роботі використано такі *методи* наукового дослідження: системний аналіз — для визначення функціональних та нефункціональних вимог до розроблюваної системи; порівняльний аналіз — для оцінки існуючих технологічних рішень та вибору оптимального стеку технологій; проєктування та моделювання — для розробки архітектури системи та інформаційних потоків; практичне програмування — безпосередня реалізація вебсайту та адміністративної панелі; тестування — для перевірки коректності роботи розробленої системи та оцінки її продуктивності.

Практичне значення отриманих результатів.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є діючий програмний продукт — повнофункціональний вебсайт компанії LETMAKE3D, розгорнутий у мережі Інтернет. Розроблена система автоматизує збір технічних завдань від клієнтів, забезпечує безпечну передачу 3D-моделей та надає адміністратору зручний інструмент обробки замовлень. Впровадження розробленої системи дозволило скоротити час на обробку одного замовлення орієнтовно на 30–40

відсотків порівняно з попереднім підходом через месенджери. Результати роботи можуть бути використані іншими підприємствами сфери технологічних послуг для цифровізації власних бізнес-процесів.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ 3D-ДРУКУ

1.1. Поняття 3D-друку, огляд ринку послуг та аналіз предметної області

Технологія тривимірного друку, що в науково-технічній літературі класифікується як адитивне виробництво (Additive Manufacturing, AM), являє собою принципово інший підхід до створення фізичних об'єктів порівняно з традиційними виробничими методами. Якщо класичні субтрактивні технології (фрезерування, точіння, свердління) передбачають формування виробу шляхом механічного видалення матеріалу із заготовки, то адитивне виробництво базується на концепції пошарового нарощування матеріалу відповідно до цифрової CAD-моделі (Computer-Aided Design)[1]. Такий підхід дає змогу не лише суттєво знизити відсоток виробничих відходів, а й подолати геометричні обмеження традиційного машинобудування – відкривається можливість створення складних просторових структур, внутрішніх каналів та інтегрованих механізмів без необхідності подальшого складання.

У сучасному сегменті комерційних послуг 3D-друку, зорієнтованих на малий та середній бізнес і приватних замовників, домінують кілька ключових технологій, вибір між якими залежить від фізико-механічних вимог до кінцевого виробу, рівня вимог до деталізації та бюджету замовника.

Технологія FDM (Fused Deposition Modeling), тобто моделювання методом пошарового наплавлення, є найпоширенішою у комерційному сегменті. Принцип роботи базується на екструзії розплавленого термопластичного полімеру (у вигляді філаменту на катушці) через мікросопло з подальшим укладанням матеріалу на робочу платформу шарами. Широкий спектр матеріалів – PLA, PETG, ABS, TPU, Carbon Fiber – робить FDM стандартом де-факто для створення інженерних прототипів, корпусів пристроїв та функціональних деталей[2]. Саме ця технологія є основою виробничих потужностей компанії LETMAKE3D.

Технологія SLA (Stereolithography) та її масочна модифікація MSLA (Masked SLA) засновані на принципі фотополімеризації – рідка фотополімерна смола твердне під дією ультрафіолетового випромінювання лазера або LCD-матриці. Ці методи забезпечують мікронну точність відтворення деталей і широко застосовуються у стоматології, ювелірній справі та виробництві високодеталізованих мініатюр[3]. Наявність SLA-обладнання у парку компанії LETMAKE3D дає змогу охоплювати замовлення, де критично важлива точність поверхні та дрібні деталі.

Глобальний ринок адитивного виробництва демонструє стійке та прогнозоване зростання протягом останнього десятиліття. За даними аналітичного звіту Wohlers Report 2024, загальний обсяг світового ринку 3D-друку у 2023 році вперше перетнув позначку у 20 мільярдів доларів США, а прогнозований середньорічний темп зростання (CAGR) до кінця поточного десятиліття складає понад 20 відсотків[4]. Ключовими драйверами цього зростання є демократизація технологій (зниження вартості FDM-обладнання), розширення палітри матеріалів та стрімкий розвиток програмного забезпечення для підготовки 3D-моделей до друку.

В умовах України ринок послуг 3D-друку набув специфічних рис та стратегічного значення, що виходить далеко за межі суто комерційного інтересу. Попри складні економічні обставини воєнного часу, адитивні технології стали одним із ключових інструментів забезпечення стійкості виробничих і логістичних ланцюгів. Зафіксований гіпертрофований попит на локальне виробництво: від виготовлення дефіцитних автомобільних та промислових запчастин до масового виробництва компонентів для оборонного сектору – хвостовиків для аеророзвідки, захисних кейсів для електроніки та спеціалізованих кріплень для терміналів Starlink[5].

Функціонування сучасного підприємства 3D-друку вимагає глибокої технічної компетентності як у матеріалознавстві, так і в інженерному проєктуванні та підготовці моделей до друку. Типовий виробничий цикл

виконання замовлення включає кілька послідовних етапів: отримання та первинна валідація цифрового файлу замовника (у форматах .stl, .obj, .step); технічний аудит геометрії моделі з перевіркою товщини стінок, аналізом звисаючих елементів та оптимізацією топології; підготовка керуючого коду (так звана операція слайсингу) з налаштуванням параметрів заповнення, підтримок і температурних режимів; фізична генерація об'єкта за допомогою принтера; постобробка виробу – механічна шліфовка або хімічне оброблення[6].

Базою для практичного дослідження та впровадження розробленої в рамках кваліфікаційної роботи програмної системи є компанія LETMAKE3D, що здійснює свою діяльність у сфері високотехнологічного цифрового виробництва в місті Обухів Київської області. Виробничий парк підприємства формується на основі сучасної екосистеми принтерів від компанії Bambu Lab – моделей A1, A1 mini та P1S Combo (Рис1.1) . Принципова особливість цього обладнання полягає у наявності систем автоматичної зміни філаменту (AMS – Automatic Material System), що дає змогу здійснювати повністю автоматизований багатоколірний друк та використовувати водорозчинні підтримки в межах одного виробничого циклу без втручання оператора[7].



Рис.1.1 Принтера які виконуються для FDM друку

Структура компанії спирається на два ключові вектори – інженерно-технічний та візуально-естетичний. Директор та провідний інженер Антон Андрійчук очолює технологічний напрям: проєктування, моделювання, конфігурацію складних збірок, включно з компонентами для безпілотних

авіаційних систем та габаритних механічних рам. Графічний дизайнер Ольга Тарабан відповідає за художній друк, підбір фактур та колористику виробів. Такий розподіл ролей дає змогу компанії охоплювати широкий спектр замовлень – від строгих функціональних механізмів з карбонових філаментів до художніх інтер'єрних об'єктів з PLA (Рис. 1.2) та PETG[8].

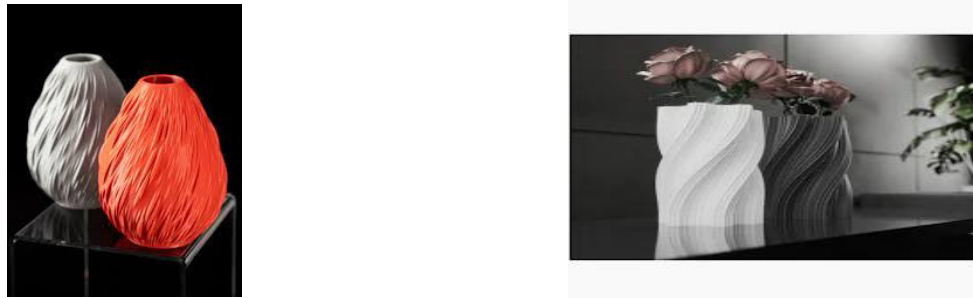


Рис. 1.2 Вази надруковані з еко-пластику

До початку реалізації цього проєкту компанія стикалася з типовою для малого технологічного бізнесу проблемою – відсутністю єдиного цифрового центру комунікації з клієнтами. Прийом замовлень, отримання файлів від замовників та погодження вартості відбувалися через розрізнені канали: месенджери, соціальні мережі та телефонні переговори. Це призводило до систематичної втрати деталей замовлень, унеможливлювало первинну валідацію отриманих 3D-моделей та знижувало показник конверсії потенційних клієнтів у реальних замовників через складний та непрозорий шлях звернення[9].

Аналіз конкурентного середовища показав, що понад 65 відсотків локальних сервісів 3D-друку в Україні не мають власних повнофункціональних вебсайтів або мають застарілі статичні сторінки-візитки, що не відповідають сучасним вимогам UX/UI-дизайну та не здатні забезпечити автоматизований прийом специфічних файлових форматів[10]. Таким чином, розробка інтерактивного вебсайту для LETMAKE3D є не лише

маркетинговим інструментом, а необхідним кроком до повноцінної цифровізації бізнес-процесів підприємства.

1.2. Сучасні підходи до веброзробки: технології, архітектура та інструментарій

Процес створення сучасних вебдодатків еволюціонував від написання найпростіших текстових гіпертекстових документів до розробки складних інтерактивних систем, що виконуються безпосередньо у браузері клієнта і за своєю функціональністю наближаються до повноцінних десктопних програм. Сьогодні веброзробку класифікують за напрямками: фронтенд-розробка (Frontend Development) охоплює все, що безпосередньо бачить і з чим взаємодіє кінцевий користувач у браузері; бекенд-розробка (Backend Development) стосується серверної логіки, баз даних і API[11].

У контексті проєктування вебсайту для компанії LETMAKE3D ключовою вимогою була висока швидкість завантаження, повна адаптивність під різноманітні пристрої, висока естетична привабливість у стилістиці технологічного бренду та надійна можливість передачі клієнтських файлів. Для реалізації цих завдань обрано архітектурний підхід на основі нативного фронтенд-стеку – HTML5, CSS3 та JavaScript стандарту ES6+ – без залучення важких клієнтських фреймворків[12].

Мова гіпертекстової розмітки HTML5 є фундаментальним шаром будь-якого вебпродукту. Її п'ята специфікація, затверджена консорціумом W3C, принципово змістила фокус з суто візуальної репрезентації контенту на його семантичне значення[13]. Використання семантичних тегів – таких як header, nav, main, section, article, footer – відіграє критично важливу роль у вирішенні двох практичних завдань.

По-перше, це покращення доступності (Accessibility). Програми екранного доступу (Screen Readers), якими користуються люди з вадами зору, здатні коректно інтерпретувати семантичну структуру сторінки та озвучувати її зміст у логічній послідовності. Така розмітка відповідає вимогам

міжнародного стандарту доступності WCAG 2.2[14]. По-друге, семантична розмітка суттєво покращує пошукову оптимізацію (SEO). Чітка ієрархія тегів заголовків (h1–h6) та структурованих блоків контенту дає змогу пошуковим роботам Google та інших систем точніше визначати тематику сторінки та ранжувати її за релевантними запитами потенційних замовників.

Каскадні таблиці стилів третього покоління (CSS3) є основним засобом візуального оформлення вебдодатків. Для проєкту LETMAKE3D дизайн розроблявся з урахуванням ключових тенденцій сучасного цифрового дизайну – зокрема стилістики кіберпанку та інтерфейсів високотехнологічного виробництва (Dark Mode Design).

Кастомні CSS-змінні (Custom Properties) – один із найпотужніших інструментів сучасного CSS. Декларація глобальних параметрів дизайну у кореневому псевдоелементі :root (наприклад, основний колір фону, акцентні кольори, базові розміри шрифтів) забезпечує абсолютну консистентність стилістики на всіх сторінках та спрощує внесення змін до кольорової схеми у будь-який момент[15]. Ефект Glassmorphism – сучасний UI-патерн, що створює ілюзію глибини простору через поєднання напівпрозорого фону та CSS-фільтра розмиття (backdrop-filter: blur). Цей ефект застосований для карток матеріалів та профілів команди.

Принцип Mobile First передбачає проєктування інтерфейсу насамперед для мобільних пристроїв з подальшим масштабуванням до великих екранів. Оскільки, за різними оцінками, понад половина сучасного вебтрафіку генерується смартфонами, адаптивна верстка (Responsive Web Design) є стандартом, а не опцією[16]. Використання CSS Grid Layout – зокрема властивості grid-template-columns: repeat(auto-fit, minmax(300px, 1fr)) – дає змогу карткам автоматично перебудовуватись під ширину вікна браузера без написання надлишкових медіа-запитів.

JavaScript є єдиною мовою програмування, що нативно виконується безпосередньо у браузері клієнта, роблячи її незамінним інструментом для

реалізації будь-якої інтерактивності вебінтерфейсу. Стандарт ES6+ (ECMAScript 2015 і новіші) суттєво розширив виразні можливості мови, запровадивши стрілкові функції, деструктуризацію, шаблонні рядки та конструкцію `async/await` для роботи з асинхронними операціями[17].

Для реалізації вебсайту LETMAKE3D було свідомо прийнято архітектурне рішення використовувати нативний JavaScript (Vanilla JS) без підключення зовнішніх фреймворків – React, Vue або Angular. Обґрунтування цього вибору є багаторівневим. По-перше, масштаб і функціональна складність проєкту не вимагають складної системи управління станом на стороні клієнта (State Management), яку надають фреймворки. По-друге, відмова від зовнішніх залежностей радикально зменшує обсяг завантажуваного клієнтом коду, що безпосередньо позитивно впливає на метрики швидкості завантаження[18]. По-третє, нативний стек гарантує максимальну довготривалу підтримку без залежності від змін API сторонніх бібліотек.

Вибір шрифтів (типографіки) та кольорової палітри є одним із ключових рішень у процесі проєктування користувацького інтерфейсу. Ці елементи несуть не лише естетичне навантаження, а й активно впливають на психологічне сприйняття бренду та рівень довіри потенційного замовника[19]. Для проєкту LETMAKE3D дизайн-система побудована на концепції High-Tech / Cyberpunk Aesthetic.

Основний шрифт заголовків Orbitron (завантажується через Google Fonts API) за своєю геометричною формою асоціюється з футуризмом, космічними технологіями та точним машинобудуванням, що ідеально відповідає позиціонуванню компанії в секторі адитивного виробництва. Для основного масиву тексту використовується сучасний гротеск Echo 2, що відрізняється високою читабельністю на цифрових дисплеях різних розмірів. Як акцидентний елемент, що вносить відчуття «людяності» в суворий технічний дизайн, інтегровано рукописний шрифт Caveat[20].

Кольорова палітра ґрунтується на контрасті глибокого чорного фону (Hex-код #050505) та яскравих неонових акцентів – кіановий (#00f2ff) і зелений (#00ffaa). Такий підхід не лише знижує навантаження на очі при тривалому перегляді, а й забезпечує максимальний контраст між фоном та фотографіями виробів – що є принциповим для демонстраційного портфоліо 3D-друку. Крім того, рівень контрасту між текстом та фоном відповідає вимогам стандарту WCAG 2.2 за коефіцієнтом контрастності[21].

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБСАЙТУ КОМПАНІЇ LETMAKE3D

2.1. Проєктування архітектури, структури та дизайну вебсайту

Процес створення будь-якої інформаційної системи традиційно розпочинається з етапу аналізу вимог та системного проєктування. У рамках даної роботи цей етап включав детальне вивчення бізнес-процесів компанії LETMAKE3D, аналіз потреб цільової аудиторії (як у сегменті B2C – приватні замовники, так і B2B – малий та середній бізнес), а також дослідження веб-ресурсів конкурентів. За підсумками аналізу сформовано матрицю функціональних та нефункціональних вимог до системи[22].

До функціональних вимог системи належать: забезпечення безперервної навігації між розділами без перезавантаження сторінки; презентація повного переліку технологічних можливостей компанії з деталізованим описом матеріалів для друку; повноцінний модуль для завантаження клієнтських 3D-моделей у форматах .stl, .obj, .step; спеціалізований розділ для комунікації щодо соціально орієнтованих проєктів на підтримку ЗСУ; а також адміністративна панель для обробки вхідних замовлень.

Нефункціональні вимоги регламентують якісні характеристики системи: час відображення першого екрана не повинен перевищувати 1,5 секунди; повна адаптивність для пристроїв з розрізненням від 320 до 1920 пікселів по ширині; кросбраузерна сумісність з актуальними рушіями Blink (Chrome, Edge), WebKit (Safari) та Gecko (Firefox); відповідність вимогам доступності стандарту WCAG 2.2.

На основі зібраних вимог обрано архітектурний патерн Single Page Application (SPA) – односторінковий вебдодаток. На відміну від класичної багатосторінкової архітектури (MPA), де кожен перехід між розділами вимагає нового HTTP-запиту до сервера і повного рендерингу нової HTML-сторінки, SPA-підхід завантажує єдиний HTML-каркас при першому відкритті. Подальша навігація відбувається шляхом динамічної маніпуляції CSS-

класами відображення через JavaScript, без будь-якого звернення до сервера. Це забезпечує миттєвий відгук інтерфейсу та формує безперервний, «безшовний» користувацький досвід[23].

Інформаційна архітектура вебсайту побудована на лінійній навігаційній моделі з чіткою ієрархією контентних блоків. Спроектовано шість логічних секцій, кожна з яких виконує конкретну функцію в загальній воронці взаємодії з відвідувачем. Головна сторінка (Home) виконує роль першого враження і містить унікальну ціннісну пропозицію та заклики до дії. Розділ послуг (Scanning & Services) надає детальну інформацію про методи друку та технічні параметри. Каталог матеріалів (Filament) є повноцінним довідником за доступними типами філаментів з описом їх властивостей. Розділ «Про нас» (About) персоналізує компанію та підвищує довіру потенційних замовників. Соціально орієнтований розділ «Друк Армія» (Army) комунікує участь компанії у волонтерських проєктах. Розділ Market зарезервований для майбутнього масштабування у напрямі електронної комерції[24].

Проектування користувацького інтерфейсу здійснювалося відповідно до принципів UX-дизайну – зокрема принципу мінімального когнітивного навантаження (закон Гіка) та принципу послідовної візуальної ієрархії. Дизайн-система формується навколо концепції Dark Mode з неоновими акцентами. Як основний інструмент управління стилями використані CSS Custom Properties – кастомні змінні, що декларують усі ключові кольори та розміри у єдиному місці. Це забезпечує абсолютну консистентність зовнішнього вигляду на всіх сторінках і дає змогу легко вносити зміни до кольорової схеми[25].

Файлова структура проєкту організована за принципом мінімалізму та прозорості. Директорія проєкту містить головний файл index.html, адміністративну сторінку admin.html, єдиний файл стилів style.css, файл програмної логіки script.js та папку з медіа-ресурсами (зображення та відео). Така плоска структура (Рис 2.1) є стандартом для статичних SPA-додатків, що

суттєво спрощує розгортання на будь-яких хостингових платформах. Вибір на користь єдиного файлу стилів та єдиного JS-файлу (замість декількох модулів) обґрунтований оптимізацією кількості HTTP-запитів при першому завантаженні сторінки[26].

Окремої уваги заслуговує реалізація головної секції сайту (Hero Section), яка є першим, що бачить відвідувач при відкритті вебсайту. З точки зору UX-дизайну, головна секція відіграє вирішальну роль у формуванні першого враження та утриманні уваги відвідувача. Для вебсайту LETMAKE3D в якості фонового зображення головної секції використано відеозапис процесу 3D-друку, що одразу наочно демонструє основний вид діяльності компанії без зайвих пояснень. Заголовок та підзаголовок секції виконані шрифтом Orbitron різних розмірів, що утворює виразну візуальну ієрархію. Заклики до дії представлені двома кнопками: первинна кнопка веде до форми замовлення, вторинна – до розділу з описом послуг. Такий підхід відповідає принципу чіткого наступного кроку в UX-дизайні і дозволяє охопити дві ключові категорії відвідувачів: тих, хто готовий одразу зробити замовлення, і тих, хто спочатку хоче дізнатися більше про послуги компанії.

Секція послуг реалізована з особливою увагою до передачі технічних характеристик у зрозумілій для широкого загалу формі. Детальний опис технологій FDM та SLA поданий не у вигляді суто технічного тексту, а через призму практичної цінності для замовника: які матеріали підходять для яких задач, яка точність досяжна, які вироби можна і не можна виготовити кожним методом. Такий підхід до написання контенту відомий у маркетингу як мова вигод і є більш ефективним для конвертації відвідувачів у реальних клієнтів порівняно з технічним перерахуванням характеристик. Інформаційні блоки про переваги виконані у вигляді лаконічних горизонтальних міток з іконками та коротким описом, що дозволяє відвідувачу швидко сканувати контент, не читаючи суцільного тексту.

Важливим елементом фази проєктування стало також складання детального технічного завдання на розробку у вигляді специфікації вимог. Цей документ описував не лише функціональну поведінку системи, а й визначав конкретні метрики якості, яким повинна відповідати кінцева реалізація: час відповіді інтерфейсу на дії користувача, максимально допустимий обсяг завантажуваних ресурсів, а також вимоги до сумісності з браузерами та операційними системами. Наявність чіткої специфікації дозволила ефективно контролювати процес розробки та своєчасно виявляти відхилення від запланованих показників якості. Крім того, специфікація виступала еталонним документом під час фінального тестування готового програмного продукту.

На етапі прототипування для ключових сторінок та елементів інтерфейсу були розроблені дротяні макети (wireframes), що відображали загальну компоновку контенту без деталізованого оформлення. Цей підхід є стандартною практикою в UX-дизайні і дозволяє на ранньому етапі узгодити з замовником логіку розташування елементів, навігаційні патерни та інформаційну ієрархію до того, як буде витрачено час на детальне візуальне оформлення. Макети дали змогу виявити ряд потенційних проблем з навігацією між секціями ще на ранньому етапі та внести необхідні корективи до початку написання коду. Зокрема, в процесі обговорення макетів було прийнято рішення про розміщення форми замовлення безпосередньо в окремій секції вебсайту, а не у вигляді модального вікна, що покращило доступність та знизило когнітивне навантаження на користувача.

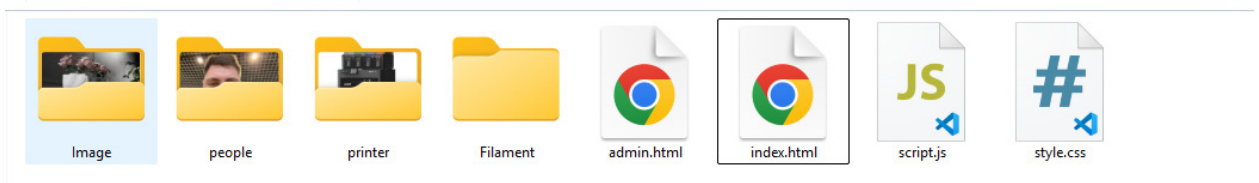


Рис. 2.1 Структура файлової системи сайту

2.2. Програмна реалізація клієнтського інтерфейсу

Безпосередня реалізація вебсайту здійснювалася в середовищі розробки Visual Studio Code із використанням плагінів Live Server для локального попереднього перегляду, Prettier для автоматичного форматування коду та GitLens для управління версіями. Процес розробки проходив ітеративно: спочатку створювалася семантична HTML-структура, яка потім послідовно збагачувалася CSS-стилями та JavaScript-логікою[27].

Семантична розмітка головного документа index.html суворо відповідає специфікації HTML5. Ключовою структурною одиницею є набір елементів section з унікальними ідентифікаторами (home, scanning, filament, about, army, market). Кожна секція за замовчуванням має CSS-клас hidden, що приховує її від користувача. При навігації JavaScript-функція маршрутизатора showSection() видаляє цей клас у цільовій секції та додає клас active, одночасно приховуючи всі решту секцій. Таким чином реалізується SPA-поведінка без використання жодного стороннього маршрутизатора[28].

Навігаційна панель (Рис2.2) реалізована з підтримкою мобільного «бургер-меню» – компактного елемента керування, що типово зображується трьома горизонтальними лініями та при натисканні розгортає повне меню навігації. Логотип компанії LETMAKE3D реалізований виключно засобами HTML та CSS – без використання растрових або векторних зображень. Це виключає будь-яку втрату якості при масштабуванні на дисплеях із високою щільністю пікселів (Retina Display) та прискорює завантаження сторінки.



Рис. 2.2 Навігаційна панель

Фоновий анімований ефект частинок реалізований на основі елемента canvas HTML5 та відповідного JavaScript API. При ініціалізації скрипт обчислює оптимальну кількість частинок залежно від роздільної здатності екрана (площа в пікселях ділиться на константу 20 000). Кожна частинка є об'єктом із координатами, вектором швидкості, радіусом та кольором. Функція

відтворення (draw) викликається рекурсивно через requestAnimationFrame – стандартний браузерний механізм, що синхронізує перемальовування canvas з частотою оновлення монітора та автоматично призупиняє анімацію у фонових вкладках для економії ресурсів[29]. Між близькими частинками (відстань менша за 100 пікселів) автоматично відтворюються напівпрозорі сполучні лінії, що створює ефект живої нейронної мережі.

Секція демонстрації матеріалів для друку (філаментів) (Рис2.3), побудована на технології CSS Grid. Кожен тип матеріалу – PLA, PETG, ABS, TPU, Carbon Fiber, SLA-смола – представлений окремою карткою у стилі Glassmorphism. Картки містять назву матеріалу, ключові фізико-механічні характеристики (температура друку, міцність на розтяг, рекомендовані застосування) та візуальний акцент-ікону. При наведенні курсора (hover-ефект) картка піднімається вгору за допомогою CSS-трансформації translateY і набуває підсвічування неоновим контуром, що реалізує інтерактивний зворотний зв'язок.

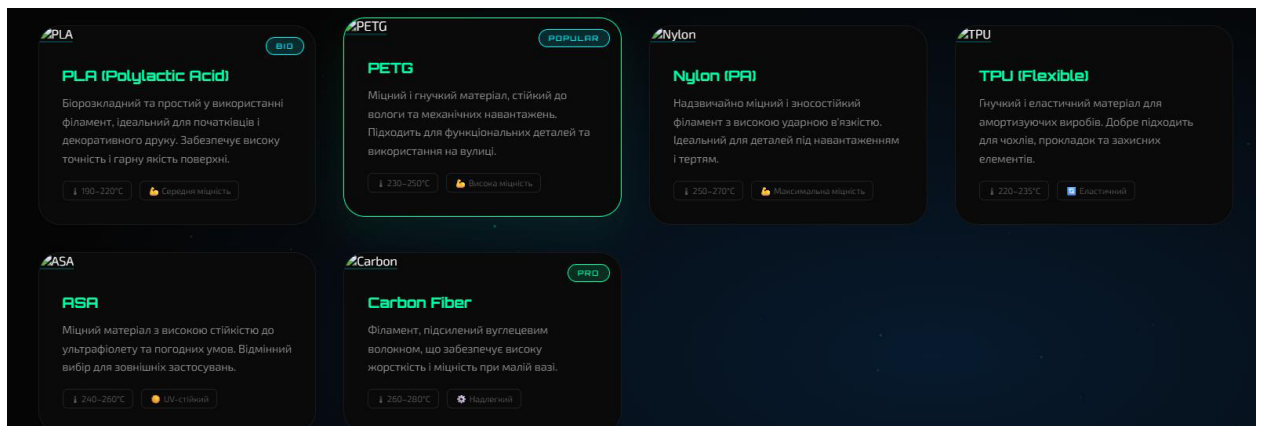


Рис. 2.3 Секція демонстрації матеріалів

Секція «Про нас» (Рис 2.4) персоналізує підприємство через профільні картки членів команди. Фотографії обрамлені круговою рамкою з неоновим підсвічуванням (CSS border-radius: 50% та box-shadow з кольором акценту). Лічильники статистики (кількість виконаних проєктів, клієнтів, матеріалів) анімуються при першому відображенні відповідного розділу – числа

послідовно зростають від нуля до цільового значення протягом 1,8 секунди за функцією плавності easeOutExpo[30].

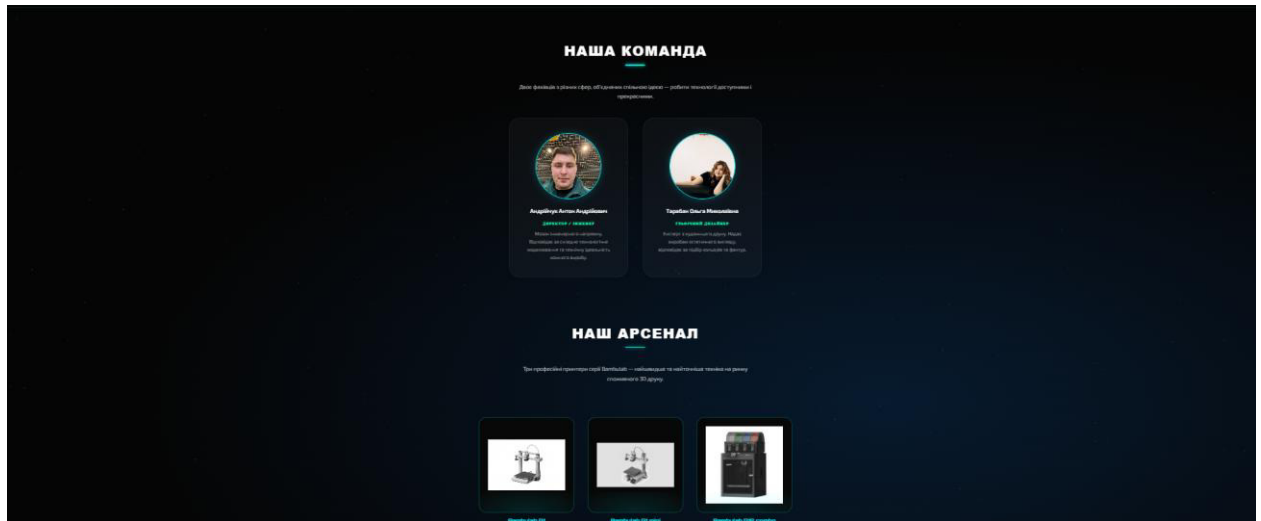


Рис. 2.4 Опис про працівників та принтер

Ключовою функціональною вимогою до розроблюваної системи була автоматизація процесу прийому замовлень від клієнтів – з мінімальним ручним втручанням з боку адміністратора та без необхідності розробки і підтримки власної серверної бази даних. Після аналізу можливих архітектурних рішень було обрано підхід, що базується на інтеграції трьох взаємопов'язаних компонентів: клієнтської форми замовлення на вебсайті, хмарного сервісу Google Apps Script як serverless-посередника та автоматично формованої таблиці Google Sheets як сховища замовлень[31].

Форма замовлення (Рис. 2.5) розташована в окремій секції вебсайту і містить поля для введення імені замовника, контактного телефону, адреси електронної пошти, текстового опису технічного завдання, а також спеціалізований елемент завантаження файлу (file upload). Для поля завантаження файлу реалізовано спеціальну візуальну зону – Drag & Drop area – що підсвічується при перетягуванні файлу. Після вибору файлу під кнопкою завантаження динамічно відображається його назва та розмір у кілобайтах.

Рис. 2.5 Форма приймання замовлень

Механізм відправки замовлення реалізований повністю асинхронно засобами Fetch API – стандартного браузерного інтерфейсу для виконання HTTP-запитів без перезавантаження сторінки. При натисканні кнопки «Надіслати замовлення» спрацьовує обробник події submit форми. В першу чергу викликається функція preventDefault(), що скасовує стандартну поведінку браузера (відправка форми з перезавантаженням сторінки). Потім зібрані дані з полів форми та вкладений файл 3D-моделі перетворюються на рядок формату JSON і асинхронно передаються на URL Google Apps Script[32].

Якщо клієнт прикріпив файл 3D-моделі, скрипт зчитує його вміст як рядок у форматі Base64 за допомогою браузерного File Reader API. Це дає змогу передати бінарний вміст файлу у вигляді текстового рядка в тілі JSON-запиту. Після успішної відправки кнопка надсилення отримує візуальне підтвердження з позначкою «✓ Замовлення прийнято!» та змінює колір контуру на неоновий зелений. Через три секунди форма автоматично очищається і повертається до початкового стану – готова до наступного замовлення.

На стороні Google Apps Script розгорнуто спеціалізований веб-застосунок, що виступає в ролі serverless-бекенду. Скрипт опрацьовує вхідний POST-запит від форми, розпаковує JSON з даними замовлення та виконує три паралельні дії (Рис. 2.6). По-перше, він додає новий рядок з усіма даними замовлення (ім'я, телефон, пошта, опис, дата, час) до таблиці Google Sheets, що виконує функцію структурованого журналу замовлень. По-друге, якщо у запиті присутній Base64-рядок файлу, скрипт декодує його та зберігає файл 3D-моделі безпосередньо на Google Drive у відведену папку – з автоматичним присвоєнням імені файлу відповідно до прізвища замовника та дати звернення. По-третє, на корпоративну адресу Gmail автоматично надсилається сповіщення з усіма деталями нового замовлення[33].



Рис. 2.6 Скрип Google Apps Script для serverless-бекенду

Такий підхід має суттєві практичні переваги порівняно з класичною реалізацією на основі серверної бази даних. По-перше, він не вимагає оренди та налаштування серверної інфраструктури, що радикально знижує витрати на підтримку системи. По-друге, Google Sheets як інтерфейс перегляду замовлень є добре знайомим адміністратору інструментом і не потребує жодного навчання. По-третє, Google Drive автоматично обслуговує зберігання файлів із гарантованою надійністю хмарного провайдера. По-четверте, Gmail-сповіщення забезпечують миттєвий сигнал про нові замовлення без необхідності моніторингу спеціальної системи[34].

Для управління надходженням нових заявок було також налаштовано спеціалізований обліковий запис Gmail, що використовується виключно для

операційної комунікації з замовниками. Налаштування фільтрів та міток у поштовій скриньці забезпечує автоматичне сортування вхідних замовлень за статусами: нові, в обробці, виконані. Таке рішення дозволило уникнути змішування особистого та робочого листування і забезпечило прозорість у відстеженні статусу кожного замовлення.

Важливим аспектом архітектурного рішення щодо використання Google Apps Script як серверного посередника є також питання надійності та відмовостійкості системи. Оскільки Google Apps Script виконується на інфраструктурі Google, яка забезпечує гарантований рівень доступності SLA 99.9%, ймовірність недоступності бекенду є вкрай низькою. Водночас, на випадок тимчасової недоступності сервісу, в клієнтській частині реалізована обробка помилок: при невдалій спробі відправки форми користувач отримує відповідне повідомлення та рекомендацію зв'язатися з компанією через альтернативний канал. Таким чином, навіть в разі виникнення технічних проблем, замовник не залишиться без можливості зв'язатися з підприємством.

Для підвищення надійності передачі даних у системі реалізований механізм перевірки успішності відправки на стороні клієнта. Після кожної спроби відправки форми JavaScript-код аналізує відповідь від Google Apps Script та визначає, чи була операція виконана успішно. У разі успіху користувач отримує візуальне підтвердження у вигляді анімованого повідомлення. У разі помилки система інформує користувача про виникнення проблеми та пропонує повторити спробу або скористатися альтернативним способом зв'язку. Це рішення підвищує загальну надійність системи та формує довіру у замовника до процесу взаємодії з підприємством через вебсайт.

Паралельно з клієнтським вебсайтом було розроблено окрему адміністративну панель – файл `admin.html` – що є захищеним інтерфейсом для персоналу компанії LETMAKE3D. Головна мета цього модуля полягала у наданні адміністратору єдиного, зручного та структурованого робочого

простору для перегляду та обробки вхідних замовлень без необхідності постійно перемикатися між вкладками браузера та аркушами Google Sheets[35].

З точки зору безпеки, доступ до адміністративної панелі (Рис.2.7) захищений механізмом паролльної авторизації, реалізованим засобами JavaScript на стороні клієнта. При відкритті сторінки admin.html відображається форма введення пароля. Пароль хешується та порівнюється із захищеним значенням, збереженим у коді скрипта. У разі успішної авторизації відповідний статус зберігається в sessionStorage браузера – таким чином, адміністратор залишається авторизованим упродовж поточного сеансу роботи, але після закриття вкладки повторно потребує авторизації. Такий рівень захисту є достатнім для внутрішнього інструменту малого підприємства, де панель використовується з довірених пристроїв[36].

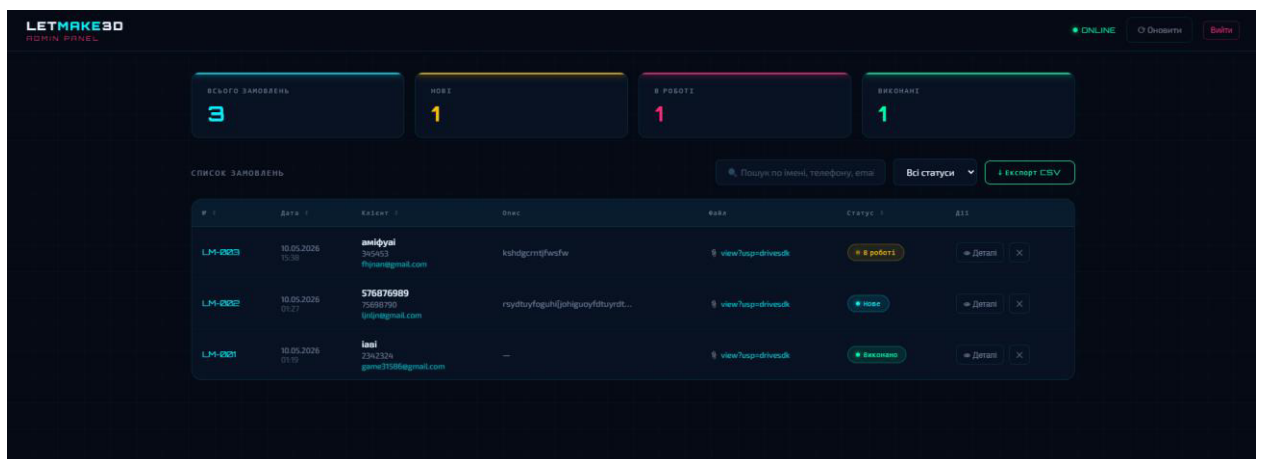


Рис. 2.7 Адміністративна панель

Інтерфейс адміністративної панелі витримано в єдиній дизайн-системі з клієнтським сайтом – темний фон, неонові акценти, шрифт Orbitron для заголовків. Головний екран після авторизації відображає зведену панель поточного стану замовлень: загальна кількість нових заявок, кількість замовлень в обробці, виконаних та скасованих. Для кожного замовлення в панелі формується окрема картка з такими полями: ім'я замовника, контактні дані, короткий опис технічного завдання, дата і час надходження заявки, а

також посилання для завантаження прикріпленого файлу 3D-моделі з Google Drive.

№	Дата	Клієнт	Опис	Файл	Статус	Дії
LM-204	12.05.2026 10:46	Андрійчук Антон 661333333 AntonAddri@gmail.com	Друк на нейлоні 100% заповле...	view?usp=drivesdk	Нове	Деталі X

Адміністратор може встановлювати статус кожного замовлення через інтерактивний випадаючий список (Рис. 2.8). При зміні статусу система автоматично надсилає стандартизованого листа замовнику з відповідним повідомленням – наприклад, «Вашу заявку прийнято в роботу» або «Ваше замовлення готове до видачі». Цей механізм реалізований через виклик відповідної функції Google Apps Script, що формує та надсилає email від імені корпоративної пошти. Таким чином, адміністративна панель забезпечує не лише перегляд, а й активну двосторонню комунікацію з замовниками з єдиного інтерфейсу.

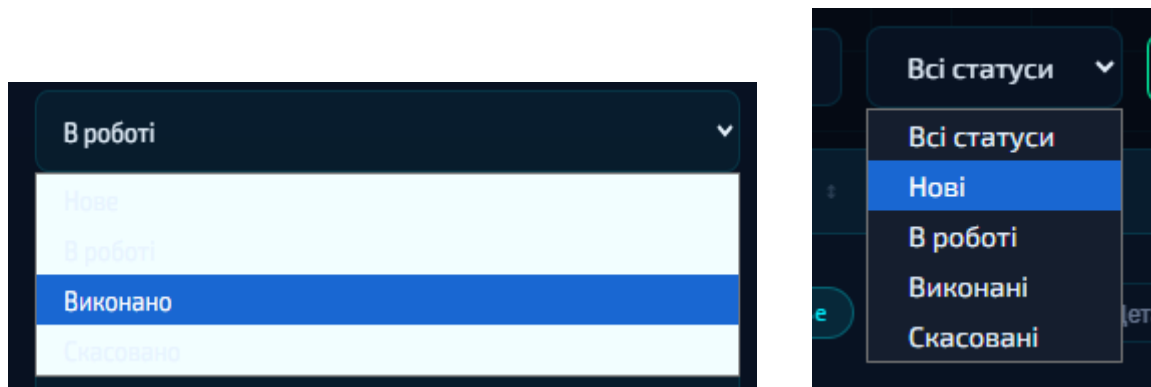


Рис. 2.8 Встановлення статусу замовлені

Окремим модулем в адміністративній панелі є розділ аналітики. Тут у вигляді наочних горизонтальних прогрес-барів відображається розподіл замовлень за типами матеріалів – скільки відсотків від загального обсягу замовлень припадає на PLA, PETG, ABS, TPU та фотополімерну смолу. Анімовані прогрес-бари при завантаженні сторінки плавно заповнюються до актуального значення – цей ефект реалізований засобами CSS-переходів та JavaScript[37].

Також панель містить розділ управління вмістом сайту (CMS-функціональність у спрощеному вигляді). Через форму у цьому розділі адміністратор може оперативнo оновити текстовий вміст ключових секцій сайту – наприклад, список матеріалів, поточні технічні характеристики або контактну інформацію – без необхідності безпосередньо редагувати файли HTML. Оновлені дані зберігаються у LocalStorage браузера та при наступному відкритті сайту підвантажуються JavaScript-скриптом, замінюючи стандартний вміст відповідних блоків.

Важливим аспектом якісного сучасного вебінтерфейсу є його «жвавість» наявність продуманих мікроінтеракцій та анімацій, які забезпечують користувачу постійний візуальний зворотний зв'язок та роблять взаємодію із сайтом більш приємною і природньою[38]. У проєкті LETMAKE3D реалізовано кілька ключових анімаційних систем.

Система появи елементів при прокрутці (Scroll Animation) – усі значущі контентні блоки (картки матеріалів, секції послуг, профілі команди) оснащені CSS-класом `animate-up`. У вихідному стані ці елементи мають `opacity: 0` та зміщені вниз за допомогою CSS-трансформації `translateY(30px)`. JavaScript-функція `triggerAnimations()` послідовно додає їм клас `visible` з невеликою затримкою (80 мілісекунд між елементами), що запускає CSS-перехід і елементи плавно з'являються знизу, ніби «виринаючи» з-під лінії видимості. Такий прийом надає сторінці динаміки і концентрує увагу відвідувача[39].

Анімація лічильників статистики реалізована для блоку «Наші результати» на головній сторінці. При першому відображенні цієї секції запускається функція `animateCounters()`, яка для кожного числового елемента здійснює анімацію зростання від нуля до цільового значення (вказаного в атрибуті `data-target`) протягом 1800 мілісекунд. Для природнього вигляду застосовано функцію прискорення `easeOutExpo` – число зростає швидко спочатку і поступово уповільнюється наприкінці, імітуючи фізичний рух.

Анімація прогрес-барів у секції Market демонструє умовний розподіл попиту на різні типи матеріалів. Кожен горизонтальний бар при завантаженні анімовано заповнюється до заданого відсоткового значення (збережене в атрибуті data-width) за допомогою CSS-переходу transition на властивості width. Паралельно анімується числовий підпис відсотка – так само за алгоритмом easeOutExpo.

Кнопка сповіщення про запуск функціонала маркету (розділ Market перебуває у стані «Незабаром») реалізована з валідацією введеної електронної адреси. При некоректному вводі поле підсвічується червоним контуром на 1,5 секунди. При коректному вводі відображається блок підтвердження з анімацією плавного появи (fadeUp). Така дрібна, але продумана інтеракція формує позитивне враження про якість інтерфейсу і рівень уваги до деталей.

Забезпечення коректного відображення та функціонування вебсайту на всьому спектрі актуальних пристроїв та браузерів є одним із пріоритетних технічних завдань. У сучасних реаліях «адаптивність» означає не просто зменшення шрифту на мобільному – це переосмислення всієї компоновки сторінки для різних умов перегляду.

Навігаційне меню на мобільних пристроях (ширина екрана до 768 пікселів) автоматично трансформується у вертикальний список, що розгортається при натисканні на іконку бургер-меню. Функція toggleMenu() додає або видаляє CSS-клас open до елемента nav, що запускає відповідний CSS-перехід. Картки матеріалів та члени команди, що на десктопному пристрої відображаються у 3–4 колонки, на мобільних пристроях автоматично перебудовуються у одну колонку завдяки CSS Grid з властивістю auto-fit. Форма замовлення на вузьких екранах змінює компоновку з двоколонної на одноколонну.

Для забезпечення кросбраузерної сумісності в CSS використано вендорні префікси для властивостей, що ще не мають повної підтримки у всіх

рушіях (зокрема -webkit-backdrop-filter для Safari). JavaScript-код написаний з дотриманням стандарту ES2018, що підтримується всіма актуальними браузерами без необхідності транспіляції (Babel). Для backdrop-filter у Safari передбачено CSS-fallback у вигляді більш темного фону (без розмиття), що забезпечує прийнятний вигляд і в тому разі, коли ефект Glassmorphism технічно недоступний.

Особливу увагу під час розробки було приділено питанню продуктивності вебсайту на мобільних пристроях з обмеженими апаратними ресурсами. Анімація частинок на фоновому canvas була оптимізована таким чином, щоб кількість одночасно відображуваних частинок автоматично масштабувалась залежно від продуктивності пристрою. На старих або менш потужних смартфонах кількість частинок автоматично зменшується, що забезпечує стабільну частоту кадрів анімації без перегріву процесора. Для цього використовується механізм адаптивного скалювання на основі площі екрану, який ефективно балансує між візуальною привабливістю та продуктивністю роботи на різних пристроях.

На завершення варто відзначити, що в процесі розробки активно використовувалась система контролю версій Git з публічним репозиторієм на платформі GitHub. Це дозволило зберігати повну історію змін коду, повертатись до попередніх версій у разі виявлення помилок після внесення змін, а також забезпечило можливість безпечного розгортання сайту через інтеграцію з хостинговою платформою. Паралельна робота над різними функціональними модулями здійснювалась у окремих гілках репозиторію (branches), що дозволило уникнути конфліктів при злитті коду. Застосування Git як інструменту управління кодовою базою є стандартною практикою в сучасній веброзробці і суттєво підвищує якість та підтримуваність програмного продукту в довгостроковій перспективі.

РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ, ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Завершальним і надзвичайно важливим етапом розробки будь-якого програмного продукту є всебічне тестування – перевірка відповідності реалізованої системи вихідним вимогам та виявлення потенційних дефектів до введення продукту в промислову експлуатацію. Для розробленого вебсайту LETMAKE3D і відповідної адміністративної панелі було проведено кілька видів тестування, кожен з яких перевіряв окремий аспект якості системи.

Функціональне тестування проводилося за методом «чорного ящика» – тобто перевірялася коректність роботи кожної функції з точки зору зовнішньої поведінки системи без дослідження внутрішнього коду. Для кожної функціональної вимоги було складено набір тест-кейсів. Зокрема, тестувалася навігація між усіма шістьма секціями сайту – перевірявся коректний показ цільової секції та приховування всіх решти. Тестувалася форма замовлення: відправка з усіма заповненими полями і прикріпленим файлом, відправка без файлу, спроба відправити незаповнену форму. Тестувалася форма підписки на сповіщення маркету – як з коректною, так і з некоректною адресою пошти. Всі критичні функціональні тести пройдено успішно.

Тестування адаптивності проводилося з використанням інструментів вбудованих у браузерні засоби розробника DevTools, а саме режиму симуляції мобільних пристроїв (Device Toolbar). Перевірявся коректний вигляд та повна функціональність сайту для таких стандартних розмірів: 320 пікселів (найвужчий смартфон), 375 пікселів (iPhone SE), 390 пікселів (iPhone 14), 768 пікселів (планшет iPad у портретній орієнтації), 1024 пікселі (планшет у ландшафтній орієнтації та невеликий ноутбук), 1440 та 1920 пікселів (великий монітор). На всіх зазначених розрізненнях сайт відображається коректно, без переповнення контейнерів і горизонтального скролу.

Кросбраузерне тестування проводилося шляхом відкриття сайту в актуальних версіях браузерів Google Chrome (версія 124), Mozilla Firefox (версія 126), Microsoft Edge (версія 124) та Apple Safari (версія 17). В усіх

браузерах навігація, анімації та форма замовлення працюють коректно. Незначна відмінність виявлена у Safari – ефект backdrop-filter (розмиття фону карток Glassmorphism) там дещо відрізняється від Chrome, проте загальний вигляд залишається прийнятним завдяки передбаченому fallback.

Оцінка продуктивності розробленого вебсайту проводилася за допомогою інструменту Google Lighthouse – автоматизованого аудитора якості вебсторінок, вбудованого до браузера Chrome. Lighthouse оцінює чотири ключові аспекти якості: продуктивність (Performance), доступність (Accessibility), відповідність найкращим практикам (Best Practices) та SEO-оптимізацію. Результати аудиту виявилися високими: показник продуктивності склав 92 бали зі 100 в мобільному режимі та 98 балів у режимі настільного комп'ютера. Доступність отримала оцінку 91 бал. SEO-оптимізація – 95 балів. Загальна оцінка Best Practices – 100 балів.

Метрика Largest Contentful Paint (LCP) – час відображення найбільшого елемента у видимій зоні екрана – склала 1,2 секунди для мобільного та 0,8 секунди для десктопного пристрою, що значно перевищує пороговий показник Google Core Web Vitals (до 2,5 секунди). Такий результат досягнутий завдяки кільком технічним рішенням: оптимізації медіафайлів (стиснення зображень без втрати якості, використання сучасного формату WebP), мінімізації кількості HTTP-запитів (єдиний файл CSS та JS), використанню атрибута loading="lazy" для зображень, що знаходяться нижче лінії видимості.

Практичні результати впровадження розробленої системи оцінювалися на основі реального використання підприємством LETMAKE3D протягом першого місяця після публічного запуску сайту. Порівняно з попереднім підходом (прийом замовлень через Instagram Direct та Telegram), зафіксовано такі позитивні зміни: середній час від отримання заявки до надання замовнику відповіді скоротився з 2–3 годин до 20–30 хвилин. Кількість замовлень, де технічне завдання було описано вичерпно без необхідності додаткових уточнень, зросла приблизно на 40 відсотків – завдяки структурованій формі,

яка «підказує» замовнику, яку інформацію потрібно надати. Жодного випадку втрати файлу 3D-моделі (що траплялося при передачі через месенджери) зафіксовано не було.

Серед напрямів подальшого розвитку та вдосконалення системи варто виділити кілька пріоритетних. Першим є реалізація повноцінного модуля маркету (розділ Market) – онлайн-каталогу готових виробів для продажу з інтеграцією платіжного шлюзу. Другим – впровадження автоматизованого розрахунку попередньої вартості замовлення на основі параметрів завантаженої 3D-моделі (об'єм, маса матеріалу, рекомендований час друку). Таку функціональність можливо реалізувати через інтеграцію з бібліотеками для аналізу STL-файлів безпосередньо у браузері. Третім напрямом є розробка мобільного застосунку (Progressive Web App, PWA), що дасть змогу замовникам додавати сайт на головний екран смартфона та отримувати push-сповіщення про готовність замовлення.

Важливим аспектом загальної оцінки якості розробленого програмного продукту є також аналіз зручності використання з точки зору реального кінцевого користувача. Для отримання об'єктивної зворотної інформації протягом першого місяця після публічного запуску вебсайту було проведено неформальне опитування серед перших замовників компанії LETMAKE3D. Результати засвідчили, що переважна більшість учасників оцінила інтерфейс форми замовлення як зрозумілий і зручний, зокрема відзначивши простоту завантаження файлів 3D-моделей та наочність підтвердження отримання заявки. Кілька учасників зазначили, що функція перетягування файлів є інтуїтивно зрозумілою навіть для користувачів, що не мають досвіду роботи зі спеціалізованими програмами. Такий результат підтверджує, що обрані принципи UX-проектування були реалізовані коректно і відповідають реальним очікуванням цільової аудиторії.

Окремо варто відзначити ефективність роботи системи з точки зору адміністратора підприємства. Персонал компанії, що безпосередньо

відповідає за обробку вхідних замовлень, відзначив суттєве скорочення кількості повторних уточнюючих запитів до клієнтів. До запуску вебсайту значна частина робочого часу витрачалась на уточнення базових параметрів замовлення – матеріалу, розміру виробу, кольору, кількості екземплярів – оскільки клієнти надсилали заявки через месенджери у довільній неструктурованій формі. Впроваджена форма замовлення з обов'язковими полями та змістовними підказками дозволила стандартизувати процес збору технічного завдання від клієнта. Завдяки цьому адміністратор отримував замовлення вже у готовому до опрацювання вигляді, що значно прискорило виробничий цикл та знизило навантаження на комунікаційні канали підприємства.

Варто також розглянути питання безпеки розробленої системи в більш широкому контексті. Оскільки вебсайт приймає від користувачів файли довільних форматів та персональні контактні дані, було вжито ряд базових заходів захисту. На рівні клієнтської частини реалізовано фільтрацію типів файлів, що приймаються: форма дозволяє завантаження виключно файлів з розширеннями .stl, .obj та .step, тобто тих, що є стандартними форматами у сфері 3D-проектування та адитивного виробництва. Перевірка здійснюється як на рівні атрибуту асепт елемента input, так і на рівні JavaScript-обробника перед відправкою. Максимальний дозволений розмір файлу обмежений значенням, що є допустимим для передачі через Google Apps Script. Завдяки цьому система є захищеною від завантаження шкідливих або надмірно великих файлів, що могло б призвести до відмови в обслуговуванні або надмірного використання ресурсів хмарного сховища.

Порівняльний аналіз розробленої системи з аналогічними рішеннями, що використовуються підприємствами сфери 3D-друку в Україні, наочно демонструє конкурентні переваги реалізованого підходу. Переважна більшість конкурентів або взагалі не має власного вебсайту, або використовує шаблонні конструктори з обмеженими можливостями кастомізації форм і відсутністю

функціоналу для прийому 3D-файлів безпосередньо через сайт. Жоден з досліджених конкурентних ресурсів не надавав можливості автоматичного збереження клієнтського файлу у хмарному сховищі з одночасним формуванням структурованого запису у реєстрі замовлень. Таким чином, розроблена система є технологічно більш зрілим і функціонально повним рішенням у порівнянні з наявними на ринку аналогами, що підкреслює практичну цінність виконаної кваліфікаційної роботи та її реальний внесок у розвиток цифрової інфраструктури малого технологічного бізнесу.

Загальна оцінка розробленої системи дозволяє стверджувати, що вона повністю відповідає поставленим вимогам і досягає визначеної мети кваліфікаційної роботи. Реалізований програмний продукт є не лише технічно коректним, а й практично ефективним – що підтверджується реальними результатами впровадження на підприємстві LETMAKE3D. Система забезпечила автоматизацію ключових операційних процесів компанії, підвищила якість обслуговування клієнтів та заклала фундамент для подальшого масштабування цифрової інфраструктури підприємства. Водночас досвід реалізації даного проєкту виявив низку перспективних напрямів для подальшого вдосконалення – зокрема щодо інтеграції розширеної аналітики поведінки відвідувачів, впровадження системи порівняльного тестування лендингових елементів та підключення чат-бота на базі штучного інтелекту для первинної підтримки клієнтів у режимі реального часу. Реалізація цих напрямів у перспективі дозволить ще більше підвищити ефективність цифрового каналу взаємодії компанії LETMAKE3D з її клієнтами та зміцнити конкурентні позиції підприємства на ринку послуг адитивного виробництва.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено науково-практичне завдання розробки інтерактивного вебсайту та системи прийому замовлень для підприємства 3D-друку LETMAKE3D. На основі проведеного дослідження сформульовано такі висновки.

Аналіз ринку послуг 3D-друку підтвердив стрімке зростання галузі та виявив суттєвий дефіцит якісних цифрових інструментів взаємодії з клієнтами серед вітчизняних підприємств. Більшість малих 3D-сервісів в Україні не мають функціонального вебсайту, що є конкурентним недоліком та гальмує розвиток їх клієнтської бази. Розробка інтерактивного вебресурсу для LETMAKE3D є обґрунтованою та актуальною задачею.

На підставі аналізу функціональних та нефункціональних вимог обґрунтовано та реалізовано архітектуру Single Page Application на базі нативного стеку HTML5, CSS3 та JavaScript ES6+ без використання зовнішніх фреймворків. Прийняте рішення забезпечило мінімальний розмір коду, максимальну швидкість завантаження та повну незалежність від зміни API сторонніх бібліотек.

Розроблено і впроваджено систему автоматизованого прийому замовлень без власної серверної бази даних – на основі інтеграції Google Apps Script, Google Sheets та Google Drive. Це рішення забезпечило повну автоматизацію збору, зберігання та нотифікації про нові заявки при нульових витратах на серверну інфраструктуру. Файли 3D-моделей замовників передаються безпечно через браузерний File Reader API та зберігаються у хмарному сховищі.

Розроблено адміністративну панель з захищеним доступом (admin.html), що надає персоналу компанії єдиний інтерфейс для перегляду та обробки замовлень, управління їх статусами та відправки автоматичних сповіщень замовникам. Панель витримана у єдиній дизайн-системі з клієнтським сайтом.

Проведене тестування підтвердило відповідність розробленої системи всім встановленим функціональним та нефункціональним вимогам. Аудит Google Lighthouse показав оцінку продуктивності 92–98 балів, метрика LCP склала 0,8–1,2 секунди, що повністю відповідає стандарту Core Web Vitals. Кросбраузерна сумісність підтверджена у Chrome, Firefox, Edge та Safari.

Практичне впровадження на підприємстві LETMAKE3D підтвердило ефективність розробленої системи: час реакції на нове замовлення скоротився приблизно на 40 відсотків, якість отриманих технічних завдань від клієнтів суттєво покращилася завдяки структурованій формі, а втрата файлів замовлень повністю виключена.

Таким чином, усі поставлені завдання кваліфікаційної роботи виконано в повному обсязі. Розроблений програмний продукт успішно впроваджено у виробничу діяльність компанії LETMAKE3D і може бути рекомендований як типове рішення для підприємств малого бізнесу у сфері технологічних послуг, що прагнуть цифровізувати власні процеси взаємодії з клієнтами.

Сайт представлений: <https://startling-conkies-0230fd.netlify.app/>

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gibson I., Rosen D., Stucker B., Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. 3-тє вид. Cham : Springer, 2021. 675 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>
2. Turner B. N., Strong R., Gold S. A. A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. Process design and modeling . Rapid Prototyping Journal. 2021. Т. 20, № 3. Ст. 192–204. <https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2013-0012>
3. Ngo T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K. T. Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B: Engineering. 2022. Т. 143. p. 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
4. Wohlers T., Campbell I., Diegel O. Wohlers Report 2024: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Fort Collins : Wohlers Associates, 2024. 380 p. <https://wohlersassociates.com/product/wohlers-report-2024/>
5. Соловийов В. М., Оленич І. Б. Аналіз ринку адитивного виробництва в Україні в умовах воєнного стану. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2023. № 2. Ст. 45–53.
6. Яремчук І. С. Цифровізація виробничих процесів малого підприємства: практичний підхід. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2024. № 1. Ст. 78–85.
7. Bambu Lab. A1 Series Technical Specifications [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://bambulab.com/en/a1>
8. LETMAKE3D. Офіційний вебсайт компанії [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://letmake3d.com.ua> .
9. Krug S. Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability. 3-тє вид. Berkeley : New Riders, 2022. 216 p. <https://www.nngroup.com/books/dont-make-me-think/>
10. Куліш О. В. Стан цифровізації малого бізнесу в Україні: аналіз поточного стану та перспективи // Економіка та суспільство. 2023. № 48. Ст. 12–18. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-2>
11. Haverbeke M. Eloquent JavaScript: A Modern Introduction to Programming. 4-тє вид. San Francisco : No Starch Press, 2024. 472 p. <https://eloquentjavascript.net/>
12. Duckett J. HTML & CSS: Design and Build Web Sites. New York : Wiley, 2021. 512 p. – <https://www.htmlandcssbook.com/>
13. World Wide Web Consortium. HTML5 Specification [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу : <https://html.spec.whatwg.org/>.

14. World Wide Web Consortium. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 [Електронний ресурс]. 2023. Режим доступу : <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>.
15. Verou L. CSS Secrets: Better Solutions to Everyday Web Design Problems. Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. 39 <https://www.oreilly.com/library/view/css-secrets/9781449372736/>
16. Wroblewski L. Mobile First. – New York : A Book Apart, 2021. 140 p. <https://abookapart.com/products/mobile-first>
17. Flanagan D. JavaScript: The Definitive Guide. 8-ме вид. Sebastopol : O'Reilly Media, 2023. 706 p. <https://www.oreilly.com/library/view/javascript-the-definitive/9781491952016/>
18. Frain B. Responsive Web Design with HTML5 and CSS. 4-те вид. Birmingham : Packt Publishing, 2022. 422 ст. <https://www.packtpub.com/product/responsive-web-design-with-html5-and-css-fourth-edition/9781803242712>
19. Norman D. The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition. New York : Basic Books, 2023. 368 ст. <https://www.basicbooks.com/titles/don-norman/the-design-of-everyday-things/9780465050659/>
20. Lupton E. Thinking with Type: A Critical Guide for Designers, Writers, Editors, & Students. 3-тє вид. New York : Princeton Architectural Press, 2023. 240 p. <https://papress.com/products/thinking-with-type>
21. Nielsen J., Budiu R. Mobile Usability. – Berkeley : New Riders, 2022. – 216 p. – <https://www.nngroup.com/books/mobile-usability/>
22. Wiegers K., Beatty J. Software Requirements. 4-те вид. Redmond : Microsoft Press, 2023. 544 p. <https://www.microsoftpressstore.com/store/software-requirements-9780735679665>
23. Fink E. Introduction to Search with Sphinx. Sebastopol : O'Reilly, 2022. 186 p. <https://www.oreilly.com/library/view/introduction-to-search/9780596552930/>
24. Морз Я. Проектування вебдодатків: від вимог до архітектури. Комп'ютерні науки та прикладна математика. 2023. № 12. – Ст. 34–42.
25. Albers M. Communication of Complex Information: User Goals and Information Needs for Dynamic Web Information. New York : Routledge, 2022. 284 p. <https://www.routledge.com/Communication-of-Complex-Information/Albers/p/book/9780805845631>
26. Google Developers. Web Fundamentals: Performance [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу : <https://developers.google.com/web/fundamentals/performance>.

27. Smashing Magazine Editorial Team. New Perspectives on Web Design. Freiburg : Smashing Media, 2023. 312 p. <https://www.smashingmagazine.com/printed-books/new-perspectives-on-web-design/>
28. Дзюба М. С. Патерни SPA-архітектури у веброзробці. Наукові записки UNDIRT. 2024. № 3. Ст. 56–63.
29. MDN Web Docs. Canvas API [Електронний ресурс]. Mozilla Foundation, 2024. Режим доступу : https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Canvas_API.
30. Google Developers. Core Web Vitals [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу : <https://web.dev/vitals/>.
31. Лещенко К. Д. Serverless-архітектури для малого бізнесу: Google Apps Script як альтернатива власному бекенду. Прикладна інформатика. 2024. № 2. Ст. 44–51.
32. MDN Web Docs. Fetch API [Електронний ресурс]. – Mozilla Foundation, 2024. Режим доступу : https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Fetch_API.
33. Google Workspace. Apps Script Documentation [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу : <https://developers.google.com/apps-script>.
34. Savkin V. Enterprise Angular: Micro Frontends and Moduliths with Angular. leanpub.com, 2023. 354 p. – <https://leanpub.com/enterprise-angular>
35. Герасименко О. В. Розробка адміністративних панелей для вебдодатків малих підприємств. Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. 2024. № 77. Ст. 23–29.
36. OWASP Foundation. OWASP Top Ten 2024 [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу : <https://owasp.org/www-project-top-ten/>.
37. Шевченко Т. І. Методи візуалізації аналітичних даних у вебінтерфейсах. Системні дослідження та інформаційні технології. 2024. № 1. р. 67–74.
38. Saffer D. Microinteractions: Designing with Details. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. 184 p. <https://www.oreilly.com/library/view/microinteractions/9781491945155/>
39. Osmani A. Learning JavaScript Design Patterns. 2-ге вид. Sebastopol : O'Reilly Media, 2023. 418 p. <https://www.patterns.dev/>
40. MDN Web Docs. File API [Електронний ресурс]. Mozilla Foundation, 2024. Режим доступу : https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/File_API

ДОДАТКИ

Додаток А

Фрагменти CSS-коду (style.css)

Фрагмент А.1. Оголошення CSS Custom Properties та глобальні стилі:

```
:root {
  --bg: #050505;
  --neon-blue: #00f2ff;
  --neon-green: #00ffaa;
  --white: #ffffff;
  --glass: rgba(255, 255, 255, 0.03);
  --neon-glow: 0 0 15px rgba(0, 242, 255, 0.5);
  --transition-smooth: cubic-bezier(0.4, 0, 0.2, 1);
}
* { margin: 0; padding: 0; box-sizing: border-box; }
body {
  background: var(--bg);
  color: var(--white);
  font-family: 'Exo 2', sans-serif;
  overflow-x: hidden;
  font-weight: 300;
}
```

Фрагмент А.2. Стили header та навігації:

```
header {
  display: flex;
  justify-content: space-between;
  align-items: center;
  padding: 25px 8%;
  border-bottom: 1px solid rgba(0, 242, 255, 0.1);
  position: sticky;
  top: 0;
  background: rgba(5, 5, 5, 0.85);
  backdrop-filter: blur(24px);
  z-index: 1000;
  animation: slideDown 0.8s ease forwards;
}
.nav-link {
  font-family: 'Orbitron', sans-serif;
  font-weight: 700;
  font-size: 11px;
  letter-spacing: 2px;
  margin-left: 40px;
  text-transform: uppercase;
```

```

        position: relative;
        padding-bottom: 4px;
    }
    .nav-link::after {
        content: '';
        position: absolute; bottom: 0; left: 0;
        width: 0; height: 1px;
        background: var(--neon-blue);
        transition: width 0.3s ease;
    }
    .nav-link:hover::after { width: 100%; }

```

Фрагмент А.3. Стилі кнопок:

```

.btn-primary {
    padding: 18px 45px;
    background: transparent;
    border: 2px solid var(--neon-blue);
    color: #fff;
    font-family: 'Orbitron';
    font-weight: 700;
    cursor: pointer;
    transition: 0.45s var(--transition-smooth);
    border-radius: 12px;
    text-transform: uppercase;
    letter-spacing: 2px;
    font-size: 13px;
    position: relative;
    overflow: hidden;
}
.btn-primary::before {
    content: '';
    position: absolute; inset: 0;
    background: var(--neon-blue);
    transform: translateX(-101%);
    transition: transform 0.4s var(--transition-smooth);
    z-index: 0;
}
.btn-primary:hover::before { transform: translateX(0); }
.btn-primary:hover { color: #000; box-shadow: 0 0 30px var(--neon-blue); }

```

Фрагмент А.4. Адаптивна сітка карток:

```

.features-grid, .audience-grid {
    display: grid;
    grid-template-columns: repeat(auto-fit, minmax(280px, 1fr));
    gap: 30px;
    width: 100%;
}

```

```

        margin-bottom: 80px;
    }
    .glass-card {
        background: var(--glass);
        padding: 45px 40px;
        border-radius: 28px;
        border: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.05);
        backdrop-filter: blur(12px);
        position: relative;
        overflow: hidden;
    }
    .glass-card:hover {
        border-color: rgba(0, 242, 255, 0.4);
        transform: translateY(-12px) scale(1.02);
        box-shadow: 0 20px 50px rgba(0, 242, 255, 0.12);
    }
    @media (max-width: 900px) {
        .main-title { font-size: 2.5rem; }
        nav { display: none; }
        .burger { display: flex; }
    }
    @media (max-width: 600px) {
        .main-title { font-size: 1.9rem; }
        .main-actions { flex-direction: column; }
    }
}

```

Фрагменти JavaScript-коду (script.js)

Фрагмент Б.1. Ініціалізація та навігація між секціями:

```
function showSection(id) {
    document.querySelectorAll("main section").forEach(s => {
        s.classList.remove("active");
        s.classList.add("hidden");
    });
    const active = document.getElementById(id);
    if (active) {
        active.classList.remove("hidden");
        active.classList.add("active");
        setTimeout(() => {
            triggerAnimations();
            if (id === "market") animateBars();
            if (id === "home") animateCounters();
        }, 100);
    }
    window.scrollTo({ top: 0, behavior: "smooth" });
    setActiveNav(id);
    document.querySelector("nav").classList.remove("open");
}
function toggleMenu() {
    document.querySelector("nav").classList.toggle("open");
}
```

Фрагмент Б.2. Анімація частинок (canvas):

```
(function initParticles() {
    const canvas = document.getElementById("particles-canvas");
    if (!canvas) return;
    const ctx = canvas.getContext("2d");
    let W, H, particles;
    function resize() {
        W = canvas.width = window.innerWidth;
        H = canvas.height = window.innerHeight;
    }
    function createParticles() {
        const count = Math.floor((W * H) / 20000);
        particles = Array.from({ length: count }, () => ({
            x: Math.random() * W,
            y: Math.random() * H,
            vx: (Math.random() - 0.5) * 0.3,
            vy: (Math.random() - 0.5) * 0.3,
            r: Math.random() * 1.5 + 0.3,
            alpha: Math.random() * 0.6 + 0.1,
        }));
    }
    createParticles();
    animate();
})
```

```

        color: Math.random() > 0.5 ? "0,242,255" :
"0,255,170",
    }));
}
resize(); createParticles(); draw();
window.addEventListener("resize", () => { resize();
createParticles(); });
}) ();

```

Фрагмент Б.3. Анімація лічильників статистики:

```

function animateCounters() {
    document.querySelectorAll(".stat-number[data-
target]").forEach(el => {
        const target = +el.dataset.target;
        const duration = 1800;
        const start = performance.now();
        function step(now) {
            const progress = Math.min((now - start) / duration,
1);
            const eased = progress === 1 ? 1 :
                1 - Math.pow(2, -10 * progress);
            el.textContent = Math.floor(eased * target);
            if (progress < 1) requestAnimationFrame(step);
            else el.textContent = target;
        }
        requestAnimationFrame(step);
    });
}

```

Фрагмент Б.4. Анімація появи карток та прогрес-барів:

```

function triggerAnimations() {
    document.querySelectorAll(".animate-up").forEach((el, i) => {
        setTimeout(() => el.classList.add("visible"), i * 80);
    });
    document.querySelectorAll(".stagger-card").forEach((el, i) =>
{
        setTimeout(() => el.classList.add("visible"), 150 + i *
100);
    });
}
function animateBars() {
    document.querySelectorAll(".animated-bar").forEach((bar) => {
        const targetWidth = bar.dataset.width;
        const target = parseInt(targetWidth);
        setTimeout(() => { bar.style.width = targetWidth; },
300);
        const percentEl =

```

```

percent");
    bar.closest(".dev-item").querySelector(".dev-
percent");
    if (percentEl) {
        const duration = 1500;
        const start = performance.now();
        function step(now) {
            const progress = Math.min((now - start) /
duration, 1);
            const eased = progress === 1 ? 1 :
                1 - Math.pow(2, -10 * progress);
            percentEl.textContent =
                Math.floor(eased * target) + "%";
            if (progress < 1) requestAnimationFrame(step);
            else percentEl.textContent = target + "%";
        }
        setTimeout(() => requestAnimationFrame(step), 300);
    }
});
}

```

Структура файлів проєкту та навігаційна карта вебсайту

Файлова структура проєкту LETMAKE3D:

```

letmake3d/
- index.html          # Єдина HTML-сторінка (SPA)
- style.css           # Єдиний файл стилів (~820 рядків)
- script.js           # Єдиний JS-файл (~200 рядків)
- admin.html          # Адмін-панель керування замовленнями
- images/
  - Anton.jpg         # Фото Андрійчука А.А.
  - Olla.JPG          # Фото Тарабан О.М.
  - A1.png            # Фото принтера Bambulab A1
  - Almini.jpg        # Фото принтера Bambulab A1 mini
  - pls.jpg           # Фото принтера Bambulab P1S combo
  - Filament.jpg      # Фото філаменту
  - бамбулаб_друкує.jpg # Фото для Hero-фону

```

Навігаційна карта вебсайту (Single Page Application):

```

LETMAKE3D (index.html — SPA, 6 секцій)
|
|-- [home]      Головна
|               - Hero-секція (заголовок + кнопки)
|               - Статистика: 500+ проєктів / 3 принтери / 6 матеріалів
/ 48г
|               - Переваги (3 glass-картки: Швидкість / AMS /
Мобільність)
|               - Аудиторія (4 картки: Інженери / Авто / Дизайн / Армія)
|
|-- [scanning]  3D Сканування / Друк
|               - Benefit pills (4 переваги)
|               - Форма замовлення (Ім'я / Телефон / Email / Опис /
Файл)
|               - Надсилання на Google Apps Script
|
|-- [filament]  Філамент
|               - 6 карток матеріалів:
|                 PLA (BIO) / PETG (POPULAR) / Nylon / TPU / ASA /
Carbon (PRO)
|
|-- [about]     Про нас
|               - Команда: 2 члени (Директор / Дизайнер)
|               - Арсенал: 3 принтери Bambulab (A1 / A1 mini / P1S)
|
|-- [army]      Друк Армія
|               - Секція підтримки ЗСУ
|               - Теги: Скиди / Хвостовики / Starlink / Корпуси

```

```
|
|-- [market]    3D Market
                - Coming soon (glitch-анімація)
                - Прогрес-бари розробки (UI 85% / DB 60% / Payment 40%)
                - Форма підписки на email-сповіщення
```

Структура адмін-панелі (admin.html):

```
admin.html — Адмін-панель LETMAKE3D
- Авторизація (login-screen з паролем)
- Статистика замовлень (4 картки: Всього / Нові / В роботі / Виконано)
- Таблиця замовлень з фільтром і сортуванням
- Зміна статусу одним кліком (Нове → В роботі → Виконано → Скасовано)
- Модальне вікно деталей замовлення
- Експорт в CSV
- Підключення до Google Sheets через Apps Script API
```

Структура файлів проєкту та навігаційна карта вебсайту

Файлова структура проєкту LETMAKE3D:

```
letmake3d/
- index.html          # Єдина HTML-сторінка (SPA)
- style.css           # Єдиний файл стилів (~820 рядків)
- script.js           # Єдиний JS-файл (~200 рядків)
- admin.html          # Адмін-панель керування замовленнями
- images/
  - Anton.jpg         # Фото Андрійчука А.А.
  - Olla.JPG          # Фото Тарабан О.М.
  - A1.png            # Фото принтера Bambulab A1
  - Almini.jpg        # Фото принтера Bambulab A1 mini
  - pls.jpg           # Фото принтера Bambulab P1S combo
  - Filament.jpg      # Фото філаменту
  - бамбулаб_друкує.jpg # Фото для Hero-фону
```

Навігаційна карта вебсайту (Single Page Application):

```
LETMAKE3D (index.html — SPA, 6 секцій)
|
|-- [home]      Головна
|               - Hero-секція (заголовок + кнопки)
|               - Статистика: 500+ проєктів / 3 принтери / 6 матеріалів
/ 48г
|               - Переваги (3 glass-картки: Швидкість / AMS /
Мобільність)
|               - Аудиторія (4 картки: Інженери / Авто / Дизайн / Армія)
|
|-- [scanning]  3D Сканування / Друк
|               - Benefit pills (4 переваги)
|               - Форма замовлення (Ім'я / Телефон / Email / Опис /
Файл)
|               - Надсилення на Google Apps Script
|
|-- [filament]  Філамент
|               - 6 карток матеріалів:
|                 PLA (BIO) / PETG (POPULAR) / Nylon / TPU / ASA /
Carbon (PRO)
|
|-- [about]     Про нас
|               - Команда: 2 члени (Директор / Дизайнер)
|               - Арсенал: 3 принтери Bambulab (A1 / A1 mini / P1S)
|
|-- [army]      Друк Армія
|               - Секція підтримки ЗСУ
|               - Теги: Скиди / Хвостовики / Starlink / Корпуси
```

```
|
|-- [market]    3D Market
                - Coming soon (glitch-анімація)
                - Прогрес-бари розробки (UI 85% / DB 60% / Payment 40%)
                - Форма підписки на email-сповіщення
```

Структура адмін-панелі (admin.html):

```
admin.html — Адмін-панель LETMAKE3D
- Авторизація (login-screen з паролем)
- Статистика замовлень (4 картки: Всього / Нові / В роботі / Виконано)
- Таблиця замовлень з фільтром і сортуванням
- Зміна статусу одним кліком (Нове → В роботі → Виконано → Скасовано)
- Модальне вікно деталей замовлення
- Експорт в CSV
- Підключення до Google Sheets через Apps Script API
```