

Міністерство освіти і науки України  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Фізико-математичний факультет  
Кафедра комп'ютерних наук

**Кваліфікаційна робота бакалавра**

з теми

**«Створення системи віртуальної реальності для презентації сувенірів»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи КН1-В21  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
Княгницький Віктор Віталійович

Керівник:  
Мястковська Марина Олександрівна,  
кандидат педагогічних наук, старший  
викладач кафедри комп'ютерних наук

Рецензент:  
Оптасюк Сергій Васильович, кандидат  
фізико-математичних, доцент,  
завідувач кафедри фізики

Кам'янець-Подільський – 2025 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Огляд ринку сувенірної продукції в Україні .....	8
1.2 Огляд технологій віртуальної реальності.....	11
1.3 Аналіз існуючих рішень для презентації товарів у VR .....	15
1.4 Порівняння статичних та інтерактивних методів презентації .....	18
1.5 Визначення вимог до системи .....	21
Висновки до розділу 1 .....	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВЕБ-РОЗРОБКИ.....	27
2.1 Технології фронтенд-розробки.....	27
2.2 Технології бекенд-розробки .....	29
2.3 Веб-технології для VR.....	31
2.4 Інструменти розробки та розгортання.....	35
Висновки до розділу 2 .....	36
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦІЇ СУВЕНІРІВ .....	37
3.1 Архітектура системи.....	37
3.2 Розробка користувацького інтерфейсу.....	40
3.3 Реалізація віртуальної сцени .....	44
3.4 Деплой системи.....	45
Висновки до розділу 3 .....	46
ВИСНОВКИ .....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50
ДОДАТКИ .....	52

ДОДАТОК А. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. КОМПОНЕНТ APP.JSX .....	52
ДОДАТОК Б. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. КОМПОНЕНТ POSTER.JSX .....	53
ДОДАТОК В. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. КОМПОНЕНТ HEADER.JSX .....	55
ДОДАТОК Г. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. СТИЛІ HEADER.MODULE.CSS .....	56
ДОДАТОК Д. РЕАЛІЗАЦІЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ: SERVER.JS — ОСНОВНИЙ ФАЙЛ ЗАПУСКУ БЕКЕНД-ДОДАТКУ НА EXPRESS.JS, ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО MONGODB ТА МАРШРУТИЗАЦІЯ ЗАПИТІВ.....	58
ДОДАТОК Е. ФОРМАТ JSON-ОБ'ЄКТІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У REST API ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПРО СУВЕНІРИ .....	60

## АНОТАЦІЯ

Княгницький В.В. Створення системи віртуальної реальності для презентації сувенірів. – Кваліфікаційна робота бакалавра, 2025.

У дипломній роботі розглянуто питання розробки системи віртуальної реальності (VR) для презентації сувенірної продукції. Проаналізовано сучасний стан ринку сувенірів в Україні, технології віртуальної реальності та наявні рішення з презентації товарів у VR. Проведено порівняння статичних (традиційних) та інтерактивних методів презентації продукції, визначено вимоги до створюваної системи. Окремо досліджено технології веб-розробки, включаючи фронтенд, бекенд і спеціалізовані веб-технології для VR (WebXR, фреймворки на кшталт A-Frame тощо).

На основі аналізу спроектовано архітектуру системи, розроблено користувацький інтерфейс та реалізовано віртуальне середовище для демонстрації сувенірів, а також описано процес розгортання (депльою) рішення.

Результатом роботи є прототип веб-орієнтованої VR-системи, що дозволяє користувачам занурюватися у віртуальну сувенірну крамницю та взаємодіяти з товарами, покращуючи презентацію продукції і підвищуючи залученість клієнтів.

Ключові слова: віртуальна реальність (VR), презентація сувенірів, веб-розробка, тривимірне моделювання, Three.js, Node.js / Express.js, MongoDB.

## ANNOTATION

Knyahnytskyi V.V. Creating Virtual Reality System for Souvenir Presentation. – Bachelor's Qualification Paper, 2025.

The thesis deals with the development of a virtual reality (VR) system for the presentation of souvenir products. The current state of the souvenir market in Ukraine, virtual reality technologies and existing solutions for presenting goods in VR are analyzed. A comparison of static (traditional) and interactive methods of product presentation is made, and the requirements for the system to be created are determined. Web development technologies, including front-end, back-end, and specialized web technologies for VR (WebXR, frameworks such as A-Frame, etc.), are studied separately.

Based on the analysis, the system architecture was designed, the user interface was developed, and the virtual environment for displaying souvenirs was implemented, as well as the deployment process was described.

The result of the work is a prototype of a web-based VR system that allows users to immerse themselves in a virtual souvenir shop and interact with the goods, improving product presentation and increasing customer engagement.

**Keywords:** virtual reality (VR), souvenir presentation, web development, 3D modeling, Three.js, Node.js / Express.js, MongoDB.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Віртуальна реальність (VR) стрімко перетворюється з футуристичної концепції на практичний інструмент для бізнесу, освіти та розваг. Світовий ринок VR-технологій демонструє вибухове зростання. Ця тенденція свідчить про дедалі ширше впровадження VR у різні сфери, зокрема маркетинг та роздрібну торгівлю. Особливо актуальним VR стає для демонстрації товарів, адже інтерактивне 3D-оточення здатне забезпечити клієнту досвід, наближений до реального відвідування магазину без фізичних обмежень. Однією з галузей, що можуть отримати значну вигоду від VR, є сувенірна індустрія. Сувеніри традиційно продаються у туристичних місцях, музеях, подарункових крамницях, де споживачі очікують емоційного та естетичного досвіду від процесу вибору. Проте зовнішні чинники (пандемія, зниження туризму, а останнім часом – війна в Україні) значно ускладнили продаж сувенірів за класичними моделями. В цих умовах постає потреба в нових підходах до презентації та продажу сувенірної продукції. Віртуальна сувенірна крамниця — це інтерактивне середовище, де користувач може оглядати та взаємодіяти з тривимірними моделями сувенірів. Такий формат здатен розширити географію продажів (залучити віддалених клієнтів) і зробити процес вибору подарунків більш захопливим та зручним. Таким чином, розробка VR-системи для презентації сувенірів є актуальною та доцільною, оскільки поєднує сучасні технології з потребами реального бізнесу в умовах цифровізації та змін ринкового середовища.

**Об’єкт дослідження** – процес презентації товарів (сувенірної продукції) у віртуальному середовищі.

**Предмет дослідження** – методи та засоби розробки веб-застосунку з елементами віртуальної реальності для ефективної презентації сувенірів.

**Мета роботи** – розробка та реалізація системи віртуальної реальності у вигляді веб-застосунку для ефективної та інтерактивної презентації сувенірів, з використанням сучасних веб-технологій та інструментів.

Для реалізації мети було сформовано такі **завдання дипломної роботи:**

1. Дослідити стан сувенірного ринку України та визначити особливості, що впливають на вимоги до VR-презентації.
2. Проаналізувати сучасні технології віртуальної реальності та існуючі рішення з презентації товарів у VR, порівняти їх із традиційними підходами.
3. Сформулювати функціональні та нефункціональні вимоги до VR-системи для сувенірної продукції.
4. Дослідити актуальні технології веб-розробки для фронтенду та бекенду, зокрема інструменти, що дозволяють реалізувати VR у середовищі веб.
5. Розробити проєкт системи: запропонувати архітектуру рішення, спроектувати інтерфейс користувача, обрати методи реалізації VR-сцени та підготувати план розгортання.
6. Реалізувати прототип системи згідно з проєктом.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети у роботі використано комплекс методів дослідження. Застосовано аналіз літературних джерел і ринкових даних – для вивчення стану сувенірної індустрії та тенденцій розвитку VR-технологій. Метод порівняльного аналізу використано при зіставленні існуючих VR-рішень та традиційних підходів до презентації товарів. При проєктуванні системи застосовано методи структурного та об'єктно-орієнтованого аналізу і моделювання для розробки архітектури та інтерфейсу. Також використовувалися методи прототипування і експериментального тестування під час реалізації й перевірки працездатності створеного VR-додатку. Такий підбір методів забезпечив достовірність та обґрунтованість отриманих результатів дослідження.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практична цінність роботи полягає у створенні діючого прототипу веб-додатку віртуальної сувенірної крамниці. Цей прототип може бути безпосередньо використаний підприємцями сувенірної галузі для розширення онлайн-продажів та підвищення привабливості продукції для покупців. Результати роботи можуть

бути адаптовані і для інших сфер електронної комерції, де потрібна багатша, інтерактивна презентація товарів (наприклад, продаж предметів мистецтва, антикваріату чи дизайну інтер'єру). Ступінь готовності розробленої системи до впровадження є високим, оскільки створено функціональний прототип, що підтвердив свою ефективність під час тестування. Отримані рекомендації щодо реалізації VR-сцен та вибору веб-технологій можуть слугувати основою для подальшого впровадження результатів у комерційну діяльність.

**Апробація результатів дослідження.** Виступ на науковій конференції студентів і магістрантів за підсумками НДР у 2024-2025 навчальному році в Кам'янець-Подільському національному університеті імені Івана Огієнка (9-10 квітня 2025 року). Результати роботи опубліковані в 1 тезах [16]. Результати роботи впроваджені в роботу "Виставки-продажу" (сувенірної крамнички) в Кам'янці-Подільському.

**Структура роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі проведено аналіз предметної області: розглянуто ринок сувенірної продукції України, сучасні технології віртуальної реальності та існуючі VR-рішення для презентації товарів; виконано порівняння статичних та інтерактивних методів подачі продукції; сформульовано вимоги до системи. У другому розділі обґрунтовано вибір технологій для веб-розробки: описано інструменти фронтенду (мова JavaScript, фреймворки тощо), бекенду (платформа Node.js, бази даних), а також спеціалізовані веб-технології для реалізації VR (WebXR, Three.js, A-Frame тощо) та засоби розробки і розгортання. Третій розділ присвячено проєктуванню та реалізації системи: представлено архітектуру рішення, описано дизайн користувацького інтерфейсу, методи створення віртуальної сцени для презентації сувенірів, а також процес розгортання готової системи на сервері. У висновках підбито підсумки роботи, сформульовано досягнуті результати відповідно до поставленої мети та окреслено напрямки подальшого вдосконалення системи. Список використаних джерел складається із 16 джерел.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Огляд ринку сувенірної продукції в Україні

Ринок сувенірів в Україні охоплює як туристично-орієнтовані сувеніри (традиційні вироби народних промыслів, пам'ятні подарунки з символікою міст та пам'яток), так і корпоративні рекламні сувеніри (брендовані ручки, чашки, блокноти тощо для бізнес-промоції). За даними галузевих досліджень, український сувенірний ринок почав активно розвиватися лише в останні десятиріччя і має значний потенціал подальшого зростання. До ключових тенденцій, помічених ще у 2010-х роках, належить сезонність попиту та висока залежність від загальноекономічної ситуації й туристичних потоків.

Згідно зі Спілкою виробників та імпортерів рекламних сувенірів України (АВІРСУ), до повномасштабної війни 2022 року ринок промо-сувенірів зростав нерівномірно: відзначалися сезонні “стрибки” (піки замовлень припадали на передсвяткові періоди – Новий рік, 8 березня тощо), а в окремі роки спостерігалась навіть стагнація через економічні труднощі. Опитування компаній галузі показувало, що ~41% учасників оцінювали розвиток ринку як нерівномірний (сезонний), ~37% бачили стагнацію, лише ~14% відзначали зростання. Ці дані свідчать про високу уразливість сувенірного бізнесу до коливань споживчої активності [13].

Важливою рисою українського ринку сувенірів є співвідношення власного виробництва та імпорту. Дослідження 2014 року виявило, що близько 30% компаній галузі мають власну виробничу базу для виготовлення сувенірної продукції. Решта 70% підприємств переважно займаються постачанням і брендуванням готових виробів. При цьому, більшість постачань сувенірів відбувається з внутрішнього ринку України – до 65% компаній використовували локальну продукцію або послуги постачальників усередині країни. Одночасно імпорт теж займає значну частку: близько 33% компаній зазначали постачання з європейських країн, а ~21% – з Азії (передусім з Китаю). Таким чином, український ринок наповнений товарами як власного виробництва (особливо друкована промо-продукція, сувеніри ручної роботи),

так і імпортними недорогими сувенірами масового вжитку. Наприклад, більшість стандартних сувенірів на кшталт брелків, значків, типової туристичної атрибутики часто імпортувалися з Китаю, що підтверджують дані попередніх оглядів (станом на 2012 р. частка китайських товарів була суттєвою) [13].

Категорії сувенірної продукції. У сегменті рекламно-сувенірного бізнесу прийнято розрізняти промо-сувеніри, бізнес-сувеніри та VIP-сувеніри. Промо-сувеніри – недорогі масові предмети (ручки, календарі, бейджі тощо) для роздачі під час акцій, виставок – складають основу асортименту і їх виготовляє чи постачає понад 95% компаній галузі. Бізнес-сувеніри – більш цінні подарунки для партнерів і клієнтів (наприклад, щоденники, ручки Parker з логотипом, сувенірні набори) – пропонують ~81% компаній. VIP-сувеніри – ексклюзивні дорогі подарунки (набори з дорогоцінних матеріалів, колекційні предмети) – присутні у портфелі ~54% фірм. Зрозуміло, що методи презентації можуть відрізнятися: VIP-товари потребують більш “преміальної” подачі, промо-вироби – максимально наочної демонстрації великого обсягу.

Вплив зовнішніх факторів. 2020 року пандемія COVID-19 призвела до різкого спаду туристичних потоків, закриття сувенірних крамниць у туристичних зонах та скасування масових подій, що вдарило по продажах сувенірів. Підприємці вимушені були шукати нові канали збуту – зокрема, онлайн. Відбулося “оцифрування” багатьох точок продажу: запуск інтернет-магазинів сувенірів, активний продаж через соцмережі. Частина компаній переорієнтувала асортимент: з’явилися сувеніри на тему пандемії, а також зріс попит на патріотичну сувенірку (прапори, символіка) у 2020-2021 рр.

Новим драматичним викликом стала війна в Україні 2022 року. На початку повномасштабного вторгнення галузь практично зупинилася: протягом перших двох місяців активність впала майже до нуля. Лише з квітня 2022 р. окремі виробники сувенірів та промпродукції поновили роботу, виконуючи поодинокі старі замовлення та невеликі нові запити від постійних клієнтів. За оцінками учасників ринку, обсяг роботи у квітні 2022 складав

лише ~15% від довоєнного рівня, у травні – ~20-26%, у червні зріс до ~50% завдяки кільком великим замовленням, але надалі знову відзначалися спад і нерівномірність. Багато корпоративних клієнтів, попри війну, не скасували раніше зроблені замовлення, а просто відтермінували їх виконання на більш спокійний час. Певний попит у 2022 р. мали патріотичні сувеніри (прапори, наклейки, одяг з національною символікою) – їх замовляли волонтери чи IT-компанії для співробітників. Проте великі рекламні кампанії з сувенірною продукцією практично зійшли нанівець: прогнозується, що до завершення бойових дій сегмент промо-сувенірів не повернеться до повноцінного функціонування. З липня 2023 року АВІРСУ повідомляє про поступове “відродження” промисловості – компанії знову планують участь у міжнародних виставках, поновлюють професійні заходи. Тим не менш, обсяги ринку сувенірної продукції у 2023 р. залишаються далекими від довоєнних, а бізнес працює більше “в нуль” задля збереження команди та напрацювання перспектив на майбутнє [13].

Таким чином, нинішній стан українського сувенірного ринку характеризується скороченням через військові дії та загальним економічним спадом, але водночас зростає роль інновацій та онлайн-інструментів. Підприємці усвідомлюють необхідність нових підходів до просування продукції – і віртуальна реальність може стати одним із таких підходів. Перед впровадженням VR-системи доцільно врахувати особливості ринку: сезонність (система має витримувати пікові навантаження у передсвяткові періоди), різноманітність асортименту (від простих сувенірів до ексклюзивів), важливість демонстрації української автентики (для туристичних сувенірів) тощо. Крім того, слід врахувати, що значна частина сувенірів – це предмети з вираженою візуальною та матеріальною складовою (дизайн, тактильність), тож VR-презентація повинна максимально наблизити цифровий досвід до реального – через якісну 3D-графіку, огляд з різних ракурсів, можливість “потримати” виріб у руках (віртуально).

## 1.2 Огляд технологій віртуальної реальності

Віртуальна реальність (VR) – це технологія, що дозволяє користувачу повністю зануритися у штучно створене тривимірне середовище за допомогою спеціальних пристроїв (VR-шоломів, окулярів) (див. рис. 1.1) та програмного забезпечення. На відміну від доповненої реальності (AR), яка накладає цифрові елементи на реальний світ, VR повністю заміщує реальність цифровим світом, забезпечуючи максимальний ефект присутності. Сучасні VR-системи забезпечують інтерактивність – користувач може оглядатися навколо, переміщуватися у віртуальному просторі, маніпулювати об'єктами – що відкриває широкі можливості для використання у різних сферах [9].

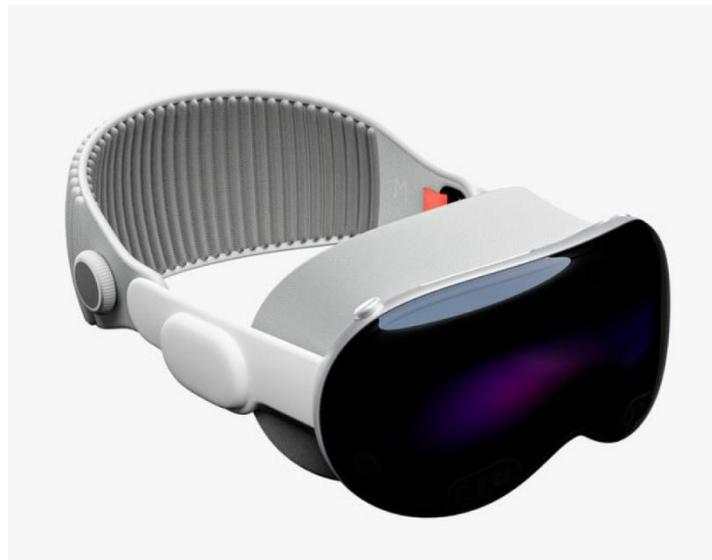


Рис. 1.1. Гарнітура Apple Vision Pro – сучасний VR/AR-пристрій для професійного використання.

*Джерело:* Віртуальна реальність VR – огляд девайсів, розвиток у 2024 і перспективи. – Режим доступу: <https://site2b.ua>

Апаратне забезпечення VR. Ключовим елементом є VR-гарнітура (headset), що виглядає як шолом або окуляри, оснащені екранами перед очима користувача. Сучасні моделі, такі як Meta Quest 3 чи HTC Vive Pro, мають два високоякісні дисплеї (по одному на око) для стереоскопічного зображення та забезпечують широке поле зору. Для комфортного сприйняття зображення використовуються екрани з високою роздільністю та частотою оновлення:

стандартом де-факто є частота не менше 90 кадрів/с, оскільки нижчі значення можуть викликати у користувача дискомфорт і так звану кіберхворобу (motion sickness). Деякі новітні шоломи (наприклад, PlayStation VR2, Pimax 8K) підтримують навіть 120 Гц для ще плавнішої картинки. Висока частота оновлення та низька затримка відстеження рухів критично важливі: при поворотах голови чи переміщеннях користувач не повинен відчувати запізнення між реальним рухом і зміною зображення у гарнітурі, інакше виникає нудота.

В гарнітуру вбудовані системи відстеження положення голови (гіроскопи, акселерометри, камери), завдяки яким VR-система знає орієнтацію та рух користувача у просторі. Існують два основних підходи до трекінгу: зовнішній (використовуються зовнішні датчики чи базові станції, наприклад у HTC Vive перших версій) та вбудований (inside-out) – коли камери на самому шоломі відстежують навколишній простір і визначають координати (використовується у Oculus/Meta Quest, PS VR2 тощо). Сучасна тенденція – перехід до inside-out трекінгу, щоб зменшити кількість зовнішнього обладнання та спростити налаштування пристрою.

Для взаємодії з віртуальним світом застосовуються контролери – ручні маніпулятори з кнопками та датчиками, що відслідковують положення рук. Вони дозволяють “брати” предмети у VR, натискати віртуальні кнопки, керувати аватаром. Деякі VR-системи пропонують й контроль жестами – відстеження рухів рук без контролерів за допомогою камер (такий функціонал, приміром, доступний у Oculus Quest 2/3). Додаткові пристрої: маніпулятори у вигляді пістолетів чи керма для ігор, рукавички з тактильним зворотним зв’язком (що передають відчуття дотику), бігові доріжки для імітації ходьби тощо – поки є спеціалізованими і менш поширені. Проте технології розвиваються, і очікується поява дедалі більш натуральних інтерфейсів VR.

Програмне забезпечення VR. На рівні кінцевого користувача VR-простір часто реалізований як додаток або гра, створена за допомогою ігрових рушіїв (Unity3D, Unreal Engine) або спеціалізованих бібліотек. Проте для

нашої задачі (VR у веб-браузері) більш релевантними є веб-технології, про які детально піде мова у розділі 2. Тут зазначимо, що браузерні VR-реалізації спираються на стандарт WebXR – програмний API, який дозволяє веб-додаткам отримати доступ до функцій VR-гарнітури (зображення, орієнтація, контролери) [12]. WebXR прийшов на зміну першій спробі – стандарту WebVR, що підтримував лише VR і зараз застарів. WebXR дозволяє працювати і з VR, і з AR режимами, що особливо актуально з появою так званих XR-пристроїв (Extended Reality), таких як згаданий Apple Vision Pro, які поєднують елементи VR і AR.

Сфери застосування VR. Історично VR найбільше розвинувся у сфері розваг та ігор. Ігрові VR-пристрої (HTC Vive, Oculus Rift) з'явилися у середині 2010-х і відкрили новий вимір геймінгу – повне занурення у ігровий світ. Сьогодні VR-ігри – окремий популярний жанр (шутери, квести, симулятори тощо). Проте VR вже давно вийшов за межі ігор і застосовується у:

Навчанні та тренінгах. Віртуальні симуляції дозволяють відпрацьовувати навички у безпечному середовищі. Приміром, Walmart вже з 2017 р. навчає персонал за допомогою VR-сценаріїв (в т.ч. підготовка до “чорної п’ятниці”) і відзначає підвищення ефективності навчання. У медицині VR використовується для тренування хірургів (імітація операцій), у військовій справі – для моделювання ситуацій на полі бою тощо. VR-тренінги підвищують запам’ятовуваність матеріалу та дозволяють навчатися без ризику реальних збитків.

Охороні здоров’я та реабілітації. VR-технології допомагають, наприклад, у терапії посттравматичного синдрому (через контрольоване занурення пацієнта у віртуальні ситуації). Також VR використовують для полегшення болю (відволікання пацієнта під час процедур), для реабілітації рухових функцій (ігрові сценарії змушують пацієнта виконувати лікувальні вправи).

Архітектурі та дизайні. Проектування приміщень у VR дає змогу замовнику “прогулятися” ще не збудованим будинком, оцінити масштаб,

планування, дизайн інтер'єру. Це полегшує узгодження проєктів та виявлення недоліків до будівництва.

Бізнес-комунікаціях. Поняття віртуальні офіси почало втілюватися: компанії експериментують з проведенням нарад у VR-просторах, де кожен учасник присутній як аватар. Такі інструменти забезпечують ефект присутності, хоча їх масовому впровадженню заважають поки що технічні обмеження (не у всіх є гарнітури, тощо).

Роздрібній торгівлі та маркетингу. Бренди шукають шляхи зробити взаємодію з клієнтом більш емоційною. VR використовується для просування товарів: від створення імерсивної реклами до повноцінних віртуальних магазинів, де користувач може переглядати асортимент, немов гуляючи по справжній крамниці. Детальніше ці кейси розглянемо у підрозділі 1.3.

Наведемо кілька показових прикладів використання VR у ритейлі та маркетингу:

Шведська мережа ІКЕА запустила ще у 2017 році VR-showroom для кухонь: надягаючи VR-окуляри, клієнт міг роздивитися дизайн кухні з асортименту ІКЕА, змінювати кольори фасадів, “переміщуватися” по кімнаті. Цей досвід став одним із перших успішних прикладів, і згодом “віртуальні шоуруми” для огляду меблів запровадили й інші меблеві компанії.

Відомий бренд моди Balenciaga у 2020 році для промо колекції створив цілу VR-гру Afterworld, в якій гравець міг приміряти образи персонажа, одягнутого в одяг з нової колекції, та виконувати квести у футуристичному світі. Така нестандартна акція привернула величезну увагу в медіа і соцмережах, підвищивши імідж бренду як інноваційного.

Американський виробник продуктів Kellogg's використовував VR для мерчандайзингу: спільно з Accenture вони створили віртуальний супермаркет з полицями, де учасники фокус-групи в VR-окулярах “розкладали” новий продукт на полицях. Система з eye-tracking відстежувала, куди дивляться покупці, і на основі цього Kellogg's оптимізував викладку товару. Результат – +18% до продажів нового сніданку під час тестового періоду.

Ці приклади демонструють, що VR у ритейлі може вирішувати різні завдання – від підвищення залученості клієнтів і створення вау-ефекту до суто практичних (оптимізація розміщення товарів, навчання персоналу). Проте впровадження VR у масовий роздріб поки що обмежене: бар'єром є низька поширеність VR-пристроїв серед споживачів та відносно висока вартість створення контенту. Однак із поступовим здешевленням технології та зростанням популярності концепції метавсесвіту (сполучення віртуальних просторів для роботи, шопінгу і спілкування) очікується, що все більше компаній експериментуватимуть з VR у маркетингу.

### **1.3 Аналіз існуючих рішень для презентації товарів у VR**

У світі вже накопичено певний досвід застосування VR для презентації та продажу товарів. Ці рішення можна умовно поділити на два типи: віртуальні магазини/шоуруми (імітація традиційного магазину у VR, де користувач самостійно пересувається між полиць) та VR-презентації окремих продуктів (інтерактивні демо окремого товару або лінійки товарів у VR, часто з елементами розваги). Розглянемо декілька помітних кейсів та платформ.

VR-магазини та шоуруми. Ще у 2016 році китайський гігант Alibaba представив прототип VR-крамниці BUY+, де користувач міг “відвідати” кілька відомих магазинів (Costco, Target та інші) у VR-режимі під час грандіозного розпродажу Singles' Day. Для участі достатньо було смартфона з додатком Taobao і картонної VR-гарнітури (аналог Google Cardboard) – Alibaba розповсюджував такі гарнітури по \$0.15. У віртуальному просторі користувач бачив 360° оточення магазину, товари на полицях, міг “брати” товар поглядом і розглядати його, а для покупки достатньо було навести погляд на кнопку “Buy” (система реєструвала клік по кнопці рухом голови). Відразу після анонсу Buy+ викликав ажіотаж: за даними Alibaba, перші 8 млн. користувачів вже пробували VR-шопінг, більшість з яких – молодь до 35 років. Цей експеримент показав потенціал VR для e-commerce: особливо цікавим він виявився для представлення іноземних брендів китайському споживачу – у VR можна було передати атмосферу закордонного магазину, чого не зможеш

звичайним сайтом. Проте відгуки щодо зручності були змішані: багато хто зазначав, що сам процес поки програє звичайному шопінгу у швидкості і практичності – VR-магазини тоді були радше маркетинговим ходом, ніж зручною щоденною опцією.

Інший ранній приклад – віртуальний універмаг eBay & Myer (Австралія, 2016). Цей проект рекламувався як “перший VR-універмаг у світі” – користувач в окулярах бачив простір із плаваючими товарами, які можна переглядати. Проте оглядачі критикували його за спрощеність: фактично це було VR-меню з товарами, без реалістичного оточення магазину. Так чи інакше, eBay VR Department Store став знаковим кейсом, що показав інтерес великих ритейлерів до VR.

На сьогодні низка технологічних компаній пропонує платформи для створення 3D/VR-шоурумів. Наприклад, Matterport – відома платформа для 3D-турів нерухомості – адаптувала свої рішення і для ритейлу, дозволяючи створювати 3D-моделі магазинів чи виставкових залів, якими можна “гуляти” в браузері чи VR. Спеціалізовані VR-стартапи пропонують ритейлерам послуги розробки віртуальних шоурумів під ключ, де інтегрується каталог товарів, 3D-моделі продуктів високої якості, а також аналітика поведінки користувачів (які продукти переглядали, де зупинялися тощо).

Презентація окремих продуктів у VR. Багато брендів використовують VR для створення захопливих презентацій, які самі по собі є рекламним продуктом. Вже згаданий приклад – VR-гра Balenciaga для промо колекції – показує, як VR допомагає створити історію навколо товару. Інший приклад: автоконцерни. Audi впровадила VR в автосалонах – клієнту пропонують надіти окуляри, і він бачить перед собою свою майбутню машину з обраними опціями, кольором, може заглянути в салон, “посидіти” за кермом навіть моделі, якої немає у дилера в наявності. Це значно полегшує процес вибору комплектації авто. Volvo кілька років тому випускала VR-додаток, що дозволяв віртуально проїхатись на новій моделі XC90, демонструючи дизайн і технології машини у дії – фактично віртуальний тест-драйв. Такі цільові VR-

додатки працюють більше на маркетинг (створення вау-ефекту), але зрештою сприяють продажам, адже клієнт отримує більше впевненості у товарі.

У сегменті нерухомості та будівництва стали популярними VR-тури по квартирі/будинку, що ще будується. Покупець, вдягнувши шолом, може “прогулятися” 3D-моделлю квартири, оцінити планування, вид з вікон, розставлені меблі. Це теж презентація товару (нерухомості) у VR, яка суттєво допомагає у продажах, бо дає краще уявлення ніж 2D-план.

Зібраний досвід свідчить про такі моменти:

- VR-презентації особливо доречні для складних, візуально багатих товарів, де важливий дизайн, масштаб або досвід взаємодії (автомобілі, меблі, нерухомість, мода тощо). У випадку сувенірів це теж актуально, адже сувеніри часто емоційні, їх хочеться роздивитися наживо – VR дозволить зробити це віддалено.
- Залученість користувача у VR вища, ніж при перегляді звичайного сайту. Людина у шоломі приділяє більше уваги контенту (бо він займає весь її зір і слух). За даними PwC, близько 60% споживачів воліють принаймні деякі активності робити у віртуальному світі замість реального. А дослідження McKinsey показує: 79% споживачів, що активно користуються метавсесвітом, вже купували реальні товари всередині віртуальних платформ. Це означає, що покупки у VR стають прийнятними для значної аудиторії.
- Основні проблеми: доступність пристроїв (не у всіх є VR-окуляри) та зручність UX. Ранні проекти вказують, що надто буквальне відтворення магазину у VR може бути обтяжливим для користувача (довго пересуватися між полиць, немає живої атмосфери тощо). Тому важливо при проектуванні VR-магазину врахувати UX: можливо, оптимізувати навігацію (телепортація між зонами, пошук товарів), додати інтерактивних помічників. Показово, що в Alibaba Buy+ розробники експериментували з “нереальними” елементами інтерфейсу – наприклад, один магазин показував товари просто на пікніковому столі серед віртуального поля з

коровами (відхід від концепції реального магазину). Отже, VR дає свободу створювати такі презентації товарів, які неможливі у фізичному світі – цим варто скористатися.

- Інтеграція з існуючими системами продажів. Удале VR-рішення повинно плавно поєднуватися з процесом покупки. Так, у Alibaba VR-магазині користувач міг одразу в VR оформити покупку через прив'язаний Alipay. В інших випадках (eBay) цього не було – треба було виходити з VR для оплати, що ламало користувацький досвід. Для нашої системи варто передбачити, як користувач перейде до придбання сувеніру – можливо, через перехід на веб-сторінку товару чи додавання у віртуальний кошик з подальшим оформленням на сайті.

Таким чином, аналіз існуючих рішень підтвердив доцільність створення VR-системи для презентації сувенірів. Хоча масове впровадження VR-магазинів лише набирає обертів, переваги у вигляді підвищеної залученості клієнтів, новизни досвіду та можливості віддалено демонструвати товари обіцяють конкурентні переваги тому, хто першим застосує цю технологію у сувенірній галузі.

#### **1.4 Порівняння статичних та інтерактивних методів презентації**

Традиційно товари презентуються покупцям статичними методами – фотографії в каталогах або на веб-сайтах, текстовий опис характеристик, іноді відеоролики. Інтерактивні методи включають 3D-моделі, якими користувач може керувати (обертати, масштабувати), VR/AR-досвід, в якому можна “взаємодіяти” з продуктом, конфігуратори, що дозволяють змінювати параметри товару (колір, комплектацію) в режимі реального часу. Розглянемо відмінності, плюси та мінуси обох підходів:

1. Повнота інформації та наочність. Статичне зображення показує товар під фіксованим кутом; навіть якщо додати кілька фотографій з різних ракурсів, користувач все одно отримує обмежене уявлення. Інтерактивна 3D-модель дозволяє розглянути об'єкт з усіх сторін,

наблизити для детального перегляду текстури тощо. За даними дослідження, проведеного платформою Shopify, товари, представлені у 3D-виді, мають конверсію на 27% вищу, ніж ті, що показані лише у 2D-зображеннях. Причина – більша впевненість покупця: він “покрутив” річ, а значить, краще зрозумів її реальний вигляд, розміри, пропорції. Для сувеніра, який часто має декоративну цінність, важливо показати дрібні деталі (орнамент, гравіювання) – і інтерактивна модель тут явно виграє.

2. Залученість та досвід користувача. Перегляд фото – пасивний процес, тоді як взаємодія з 3D чи VR – активний. Інтерактивність робить процес ознайомлення з товаром схожим на гру, що утримує увагу користача довше. Статистика підтверджує: 83% онлайн-споживачів хотіли б бачити продукти у 3D-форматі, а понад половину опитаних віддають перевагу інтерактивному огляду над звичайними фото. Це особливо актуально для молодшого покоління покупців, яке звикло до мультимедійного контенту. Віртуальна реальність додає ще глибший рівень залучення – ефект присутності. В VR-магазині користувач може емоційно пережити досвід покупок, майже як у реальності (наприклад, озирнутися навколо – “вау, я у сувенірній крамниці”), чого не дасть жоден каталог.
3. Довіра та прийняття рішення. Однією з причин відмови від покупки онлайн є невпевненість: “а як це виглядає наживо?”, “чи підійде мені розмір/колір?”. Інтерактивні технології дозволяють зменшити цю невпевненість. Наприклад, 3D-візуалізація товару знижує відсоток повернень, адже покупець отримав більш реалістичне уявлення і рідше розчаровується при отриманні товару. До того ж, високоякісні візуали (3D-рендери, VR-демо) формують відчуття професійності бренду, підвищують довіру. Як зазначає аналітичний ресурс BigCommerce, інтерактивна візуалізація допомагає подолати “онлайн-невідомість” і відчутно впливає на рішення про покупку. Для продавця сувенірів це

означає, що показавши товар “в дії” (скажімо, віртуально поставивши чашку на стіл чи повісивши картину на стіну через AR), він збільшує шанси, що клієнт зробить покупку.

4. Вартість та складність реалізації. Статичні методи виграють простотою: зробити кілька фотографій значно легше й дешевше, ніж створити деталізовану 3D-модель чи цілий VR-додаток. Для малого бізнесу бар’єр входу в VR все ще високий. Проте технології стають доступнішими: з’явилися сервіси, які автоматизують створення 3D-моделей з фотографій (фотограмметрія), бібліотеки для веб-3D є відкритими та безкоштовними (наприклад, Three.js, A-Frame). До того ж, інвестиції в 3D окупаються приростом продажів. Приклад: після впровадження 3D-візуалізації в онлайн-каталозі ІКЕА зафіксовано збільшення онлайн-продажів до 35%. Тобто, витрати на 3D-контент можуть компенсуватися за рахунок додаткових клієнтів і вищої конверсії.
5. Охоплення аудиторії та вимоги до користувача. Тут статичні методи безумовно виграють – фото чи відео може переглянути будь-хто на будь-якому пристрої без додаткових умов. Для інтерактивного 3D потрібен сучасний пристрій, що підтримує WebGL/WebXR. Випадки, коли у користувача слабкий смартфон чи старий браузер, – тоді 3D-модель може вантажитися довго або не відобразитися. VR-відображення взагалі вимагає наявності гарнітури і певної технічної підготовки (не всі вміють її налаштовувати, можуть виникнути труднощі). Отже, статичний канал не можна повністю відкидати – його слід залишити для сумісності. Хорошою стратегією є комбінування: на сайті можна показувати звичайні фото, але доповнити їх кнопкою “Переглянути у 3D/VR”. Зацікавлені користувачі зможуть взаємодіяти, а інші не відчують дискомфорту.
6. Інтерактивна аналітика. Цікавий плюс цифрових інтерактивних презентацій – можливість збирати дані про поведінку користувачів. У VR-додатку чи 3D-проглядачі можна відстежити, які ракурси товару

розглядали найдовше, на що “наводили курсор” (чи погляд у VR), які опції приміряли. Ця інформація допомагає маркетологам зрозуміти, що найбільше цікавить покупців, і вдосконалити продукт або презентацію. Статичні методи дають обмежену аналітику (фактично тільки перегляд сторінки, скрол тощо).

Отже, інтерактивні методи презентації мають суттєві переваги в контексті залучення та переконання покупця. Дослідження ринку підтверджують зростаючий інтерес бізнесу до 3D/VR: у сегменті роздрібно́ї торгівлі VR-інвестиції зростають ~13.8% щороку, і прогнозовано до 2028 року ринок VR-рітейлу сягне \$5.5 млрд. Покупці все більше очікують “ефекту присутності” від онлайн-шопінгу. Тому впровадження VR-презентації сувенірів може стати конкурентною перевагою – особливо, якщо цільова аудиторія включає технічно просунутих користувачів чи іноземців, які не можуть особисто завітати до українських сувенірних крамниць [9].

Водночас, важливо зберегти баланс: не всі клієнти готові одразу скористатися VR, тож потрібно надати і простий шлях (статичний) для ознайомлення. У нашій майбутній системі це може бути реалізовано як режим “галереї зображень” паралельно з VR-режимом, або ж прогресивне підвантаження: спочатку показується фото, а за бажання користувача активується 3D/VR.

## **1.5 Визначення вимог до системи**

Спираючись на проведений аналіз ринку та технологій, сформулюємо вимоги до системи віртуальної реальності для презентації сувенірів. Вимоги поділяємо на функціональні (що система повинна вміти робити) та нефункціональні (яким критеріям якості повинна відповідати).

Функціональні вимоги:

- Каталог сувенірів у VR. Система повинна відобразити у віртуальному середовищі асортимент сувенірної продукції. Кожен товар представлений у вигляді детальної 3D-моделі. Користувач має можливість наблизитися до моделі, оглянути її з різних боків, можливо – “взяти в руку” (імітація,

наприклад, підняття об'єкта перед очима). Якщо товар має варіанти (кольори, розміри) – передбачити перемикання між ними.

- Інформація про товар. При взаємодії з конкретним сувеніром користувач повинен отримати базову інформацію: назва, опис, ціна. Це може бути реалізовано як спливаюча підказка/стікер у VR-сцені або як окреме віконце інтерфейсу.
- Навігація у віртуальному просторі. Користувач повинен мати змогу переміщуватися VR-середовищем, оглядаючи різні зони (наприклад, полиці, вітрини). Реалізація може бути через телепортацію між визначеними точками (щоб уникнути проблем з управлінням переміщенням у VR) або через використання контролерів/клавіш для руху. Простір має бути спроектований так, щоб користувач легко орієнтувався – наприклад, зона сувенірів розбита на категорії (посуд, магніти, текстиль, тощо) з відповідними написами/вказівниками.
- Пошук та фільтрація. Для зручності варто передбачити спосіб швидко знайти потрібний сувенір. Це може бути голосовий пошук (експериментальна функція) або відображення меню каталогу у вигляді 2D-інтерфейсу, яке викликається в VR. Фільтрація за ціною, категорією чи новизною теж корисна, хоч в VR-крамниці вона може бути втілена інакше (наприклад, переключенням сцен або появою лише обраних товарів).
- Інтерактивність і анімації. Сувеніри у VR можна не лише статично показувати, а й анімувати: для деяких доцільно додати прості анімації (наприклад, обертання на підставці, блискітки для прикрас, мерехтіння підсвітки для сувенірної лампи тощо) – це приверне увагу. Користувач повинен відчувати відгук на свої дії: якщо він “торкається” об'єкта, можна виділити його, підсвітити. Такий зворотний зв'язок зробить взаємодію інтуїтивною.
- Режими перегляду. Система має підтримувати кілька режимів користування:

VR-режим – для користувачів з VR-гарнітурою (WebXR режим). У

цьому випадку управління здійснюється поворотами голови і контролерами, відображення — стереоскопічне.

Десктопний 3D-режим – якщо користувач заходить з звичайного комп'ютера без VR-окулярів, система все одно дозволяє переглядати віртуальний магазин у режимі 3D від першої особи, керуючи камерою мишкою/клавіатурою.

Мобільний режим – на смартфонах без гарнітури: або 3D-перегляд на екрані (з дотиковим управлінням), або підтримка картонних VR-окулярів (Google Cardboard) коли екран ділиться навпіл і реагує на гіроскоп. Ця універсальність необхідна, щоб розширити аудиторію, адже VR-гарнітури мають не всі.

- Інтеграція з процесом покупки. Якщо ціль – не лише демонстрація, а й продаж, система повинна дозволяти додати товар до кошика чи перейти на сторінку покупки. Простий варіант: при виборі сувеніра у VR десь поруч з'являється кнопка “Купити” (у вигляді 3D-кнопки чи 2D-елемента інтерфейсу), натиснувши яку, користувач перейде до звичайного веб-сайту для оформлення замовлення. Більш просунутий варіант – реалізувати повноцінний VR-кошик і оформлення всередині VR, але це складніше і може бути зарезервовано як майбутнє вдосконалення.
- Мультимовність контенту. Оскільки сувеніри можуть цікавити іноземців, система повинна підтримувати щонайменше українську та англійську мови інтерфейсу та описів товарів. Вибір мови – перед входом у VR або автоматично за налаштуваннями браузера.
- Адміністрування та оновлення каталогу. Власник системи (адміністратор) має мати можливість додавати нові моделі сувенірів, змінювати описи, ціни. Це може бути окремий веб-інтерфейс (не обов'язково VR) або через оновлення файлів/бази даних. Вимога – процес додавання нового товару має бути достатньо простим: наприклад, отримавши 3D-модель у форматі glTF, адміністратор завантажує її, задає параметри, і товар автоматично з'являється у VR-магазині в певній категорії.

### Нефункціональні вимоги:

- Продуктивність і плавність роботи. VR-система повинна працювати з високою частотою кадрів (не менше 60 FPS на звичайних екранах і 90 FPS у VR-гарнітурі), щоб забезпечити комфортне сприйняття і уникнути затримок. Для цього слід оптимізувати 3D-моделі (полігональність, текстурі), можливо використовувати динамічне зниження якості при нестачі ресурсів (LOD – рівні деталізації). Завантаження сцени та моделей має бути по можливості поступовим (lazy load) – спочатку головне оточення, потім додаткові деталі, щоб користувач не чекав довго перед чорним екраном.
- Сумісність та стандарти. Система базується на веб-технологіях, тому має підтримувати основні сучасні браузері: Chrome, Firefox, Safari, Edge – в частині WebGL/WebXR. В разі відсутності WebXR (наприклад, Safari на iPhone поки обмежено підтримує WebXR), система повинна коректно повідомити користувача і запропонувати альтернативу (наприклад, AR-режим через швидку камеру, або просто 3D без VR). Слід використовувати стандартизовані формати 3D-моделей (гранично, glTF як сучасний формат, який добре підтримується в браузері [5]).
- Безпека. Оскільки це веб-додаток, потрібно дотримуватися загальних вимог безпеки: захищений протокол HTTPS (WebXR взагалі працює лише в захищеному контексті), захист від несанкціонованого доступу до адміністративної частини, валідація даних, обмеження доступу до покупок (якщо є онлайн-оплата – передавати дані тільки через безпечні платіжні шлюзи).
- Юзабіліті (зручність використання). Інтерфейс у VR має бути інтуїтивним, особливо враховуючи, що частина аудиторії може вперше користуватися VR. Треба мінімізувати текстові інструкції у VR – краще використовувати зрозумілі візуальні підказки (напр. стрілки, що показують куди можна телепортуватися; піктограми кнопок). Для настільного режиму – забезпечити стандартне управління (WASD/стрілки для руху, мишка для

огляду). Також важливо забезпечити вихід або перемикання режимів – наприклад, кнопку “Вийти з VR” або “Назад до каталогу” аби користувач не розгубився.

- Масштабованість. Якщо каталог зростатиме (десятки-сотні моделей), система повинна це витримувати. Бажано завчасно закласти можливість розділення сцени на кілька секцій або навіть окремих підсцен, що вантажаться за потреби (щоб не тримати в пам’яті сотні моделей одночасно).
- Модульність і підтримуваність коду. Кодова база (як фронтенд, так і бекенд) має бути структурована, з можливістю оновлення окремих компонент. Зокрема, варто відділити логіку роботи з VR (рендеринг сцени, завантаження моделей) від бізнес-логіки (запити до бази даних за інформацією про товар). Це спростить подальші зміни – наприклад, заміну графічного фреймворку або підключення нового джерела даних.

На основі цих вимог можна перейти до вибору конкретних технологій і розробки архітектури системи. Важливо зазначити, що наша система фактично поєднує дві ролі: презентаційна VR-вітрина та веб-застосунок для e-commerce. Відповідно, в розробці потрібно врахувати і аспекти комп’ютерної графіки/ігрових движків, і класичної веб-розробки (клієнт-серверної архітектури). Розділ 2 присвячено огляду та обґрунтуванню вибору технологій для реалізації цих вимог.

### **Висновки до розділу 1**

Проведений аналіз показав, що сувенірна галузь України потребує інноваційних підходів до презентації продукції, особливо в умовах обмежень на туризм та очне відвідування магазинів. Технології віртуальної реальності стрімко розвиваються і все частіше застосовуються у роздрібній торгівлі для підвищення залученості клієнтів. Існуючі приклади VR-рішень у світі (віртуальні магазини, шоуруми, інтерактивні презентації товарів) підтверджують ефективність такого підходу, хоча й вказують на виклики (доступність гарнітур, UX). Порівняння статичних та інтерактивних методів

презентації товарів виявило значні переваги останніх у плані повноти інформації та конверсії продажів, за умови правильної реалізації. На основі аналізу сформульовано вимоги до системи: вона має забезпечувати користувачу реалістичний, зручний VR-огляд сувенірів з можливістю отримати інформацію та здійснити покупку, а також задовольняти критичні нефункціональні критерії (продуктивність, сумісність, безпека). Таким чином, закладено основу для технічного проектування системи, що буде виконано у наступних розділах.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВЕБ-РОЗРОБКИ

### 2.1 Технології фронтенд-розробки

Фронтенд (клієнтська частина веб-додатку) відповідає за відображення інтерфейсу користувача і взаємодію з ним. Для розробки фронтенду сучасні веб-застосунки використовують комбінацію технологій: HTML для структури сторінок, CSS для оформлення стилів і макету, JavaScript для динамічної поведінки. Наша VR-система не виняток – базовий каркас інтерфейсу буде побудований на цих технологіях. Однак специфіка проекту (тривимірна графіка, VR) вимагає використання додаткових бібліотек та фреймворків поверх стандартного стеку.

HTML5 та CSS3. Сучасний стандарт HTML5 надає ряд можливостей, корисних для побудови інтерактивних додатків: елемент `<canvas>` для рендерингу графіки (зокрема WebGL), семантичні теги для кращої структури, мультимедійні елементи. CSS3 дозволяє гнучко оформлювати компоненти інтерфейсу, в тому числі в 3D-просторі (через властивості трансформацій). Хоча основна сцена VR в нашому випадку рендеритиметься засобами WebGL, елементи позавіртуального інтерфейсу зручніше реалізувати на HTML/CSS поверх `canvas` з VR. Такий підхід називають DOM Overlay для WebXR – це коли звичайний DOM інтерфейс накладається на VR-рендер, наприклад, для відображення UI-елементів.

JavaScript як основна мова фронтенду. JavaScript (JS) – мова браузера, що виконується на стороні клієнта. З її допомогою ми будемо реалізовувати логіку управління додатком: завантаження моделей, обробку подій користувача, звернення до серверного API. JS є багатопарадигмовою і де-факто стандартом фронтенду, що підтверджується опитуваннями розробників – JavaScript вже 11 років поспіль залишається найуживанішою мовою серед програмістів. Для масштабних проектів часто використовується надмножина TypeScript (статично типізований варіант JS), яка покращує якість коду. Ймовірно, доцільно застосувати TypeScript [11] і в нашому проекті, щоб упередити помилки типів, особливо при роботі з бібліотеками 3D.

Фреймворки та бібліотеки фронтенду. Сучасний фронтенд-розробник має у розпорядженні декілька потужних фреймворків односторінкових застосунків (SPA – Single Page Application): React, Angular, Vue.js, а також новітні Svelte, Next.js (надбудова над React для рендерингу на сервері та ін.). Вибір фреймворку залежить від вимог проекту та досвіду команди. Згідно зі статистикою, React.js – найпопулярніший фронтенд-фреймворк: його використовують близько 40% розробників [8]. React приваблює компонентним підходом та великою екосистемою. Angular (фреймворк від Google) теж має значну частку (~17% професіоналів), це більш “важкий” фреймворк з повним набором інструментів, часто використовуваний у корпоративних проектах. Vue.js – легший, його популярність ~16%, славиться простотою освоєння та гнучкістю інтеграції в наявні проекти.

Для нашої VR-системи теоретично можна взагалі обійтися без класичного SPA-фреймворку, адже основна сцена буде керуватися бібліотекою Three.js. Однак, наявність фреймворку може спростити управління станом додатку, маршрутизацію, повторне використання компонентів UI. Якщо припустити, що крім VR-вітрини проект міститиме і звичайний веб-інтерфейс (наприклад, сторінку каталогу, сторінку товару для тих, хто не заходить у VR), то доцільно використати React – як найбільш розповсюджене рішення. React має бібліотеки для 3D, наприклад React Three Fiber, що дозволяє використовувати Three.js у вигляді React-компонентів. Це може полегшити інтеграцію сцени у загальний застосунок.

Підсумовуючи вибір фронтенд-технологій:

- Мова: JavaScript/TypeScript – будемо використовувати TypeScript для надійності коду, що компілюється у JS для виконання в браузері.
- Фреймворк: React + React-DOM для створення інтерфейсу. Це дозволить, наприклад, зробити панель керування (UI елементи) як React-компоненти. До того ж, знання React у команди передбачається (як найпоширеніший). Популярність React підтверджується тим, що поряд з Node.js він очолює список технологій веб-розробників.

- Супутні бібліотеки: Redux для управління станом, якщо буде багато спільних даних; React Router – багатосторінковість.

Отже, фронтенд-технології забезпечать базис для нашого інтерфейсу: React виступає як “обгортка”, яка керує структурою та відображенням компонентів, а всередині неї працює інтерактивна 3D-сцена, створена за допомогою React Three Fiber на базі Three.js. Саме ця сцена дозволяє реалізувати панорамний перегляд сувенірного магазину у форматі, наближеному до віртуальної реальності.

## 2.2 Технології бекенд-розробки

Бекенд (серверна частина) відповідає за бізнес-логіку, зберігання даних, обробку запитів від клієнта. У нашому проєкті роль бекенду – це, зокрема: зберігання каталогу товарів (база даних з інформацією про сувеніри), видача цієї інформації фронтенду через API, можливо – обробка замовлень (якщо реалізуємо корзину), адміністративний інтерфейс для оновлення даних. Вибір технології бекенду має забезпечувати ефективну роботу з цими задачами та інтеграцію з фронтендом.

Платформи та мови бекенду. Є багато мов, придатних для веб-серверів: JavaScript/TypeScript (Node.js), Python, PHP, C# (.NET), Java, Ruby тощо. Останні тенденції показують значну популярність Node.js – JavaScript-рушія для сервера, що дозволяє виконувати той самий кодовий базис на фронтенді й бекенді [7]. За опитуваннями, Node.js є найбільш поширеною технологією серед веб-розробників поряд з React. Її переваги: неблокуюча модель I/O (події та колбеки), що дуже добре підходить для обслуговування великої кількості одночасних запитів (сервер не простоює, очікуючи відповіді від БД чи файлової системи). Для нашої системи, яка потенційно може отримувати часті запити (наприклад, багато користувачів одночасно переглядають каталог у VR і кожен викликає дані про десятки моделей), Node.js – вдалий вибір, бо його багатопоточність на основі подій забезпечить плавну роботу.

Node.js також виграє тим, що обмін даними можна вести у форматі JSON без перетворень. До Node.js є багато готових модулів, і екосистема прм

найбільша серед пакетних менеджерів.

Веб-фреймворки бекенду. Якщо обираємо Node.js, доцільно використовувати популярні фреймворки: Express.js – легкий і гнучкий. Express дозволяє швидко створити RESTful API: визначити маршрути (URL) та їх обробники [3]. Наприклад, GET /api/products буде повертати JSON-список сувенірів, GET /api/products/{id} – деталі конкретного товару тощо.

Бази даних. Не менш важливий вибір сховища даних. Каталог сувенірів міститиме інформацію про товари: назву, опис, ціну, посилання на 3D-модель (файл) та ін. Це добре лягає в документо-орієнтовану структуру. Альтернативою реляційним БД є NoSQL база MongoDB, яка зберігає дані у форматі BSON/JSON. Для каталогу товарів MongoDB підходить (можна зберігати кожен товар як документ) [6]. MongoDB добре інтегрується з Node.js, оскільки JSON є природним для JS. Багато стартапів обирають MongoDB за простоту моделі даних. У нашому випадку, для MVP-версії, MongoDB є оптимальним вибором.

MongoDB підтримує багатодокументні транзакції (з версії 4.0) і дозволяє працювати зі складними структурами. В нашому проєкті використовується бібліотека Mongoose – зручний інструмент для опису схем, моделей та взаємодії з MongoDB через JavaScript.

Серверна логіка. Бекенд відповідатиме за:

- Підтримку REST API для каталогу (CRUD операції: отримати список товарів, отримати товар, додати/оновити товар – останнє для адмін-панелі).
- Аутентифікацію, якщо потрібен логін для адміна чи користувача (у перспективі – через JWT або інші бібліотеки).
- Зберігання файлів 3D-моделей сувенірів. Тут є варіанти: зберігати безпосередньо у файловій системі сервера (і віддавати статично), в базі даних (небажано для великих файлів), або на сторонньому облачному сховищі (AWS S3). На початковому етапі glTF/GLB файли моделей можна помістити у окрему теку на сервері та віддавати як статику через

Express.

- Облік аналітики, можливо. Якщо збирати дані про перегляди, кліки – можна мати серверний endpoint для запису таких подій у БД.

Інші бекенд-технології. Якщо б ми не використовували Node.js, то варто згадати альтернативи: Python (фреймворки Flask, Django) – популярна технологія, особливо Django, проте Python більш підходить для CPU-bound задач (аналітика) ніж для висококонкурентних запитів; PHP (Laravel, Symfony) – історично дуже популярний для e-commerce, але для інтеграції з VR специфіки не має; C# .NET – дуже продуктивний і має ASP.NET Core (кросплатформний), але потребує Windows-/Azure-орієнтованої інфраструктури. Враховуючи, що фронтенд у нас на JS і Node.js – природно скомбінувати їх, тим паче Node і є найпоширенішим веб-фреймворком за даними Stack Overflow 2023 року.

API стиль. Будемо дотримуватися REST API (передача JSON). Можна розглянути GraphQL як сучасну альтернативу, що дає гнучкі запити з боку клієнта. Але GraphQL у нашому випадку, де структура даних не надто складна, не є обов'язковим – REST буде простіше імплементувати і дебагувати.

Резервування на майбутнє. Якщо система розростеться, варто врахувати можливість мікросервісної архітектури: окремо сервіс каталогу, сервіс платежів тощо. Але на етапі дипломного проєкту це надмірно, тож реалізуємо як монолітний бекенд-додаток.

Підсумок вибору для бекенду: Node.js + Express.js + MongoDB (через Mongoose) – це гнучкий і сучасний стек, який дозволяє ефективно реалізувати REST API, працювати з JSON-даними без додаткових перетворень і легко інтегрується з фронтендом, що створює єдине узгоджене середовище для розробки.

### **2.3 Веб-технології для VR**

Існують високорівневі бібліотеки та фреймворки. Вони значно полегшують розробку VR-сцен, інкапсулюючи всю роботу з WebGL,

шейдерами, матрицями перетворень тощо. Розглянемо найпопулярніші:

Three.js – це, без перебільшення, стандарт де-факто для 3D-графіки у вебi [10]. Three.js – JavaScript-бібліотека, що надає об’єктну модель для 3D-сцени (сцена, камера, джерела світла, геометрії, матеріали, текстури). Вона працює поверх WebGL і дозволяє навіть нескладному програмісту додати в сцену, наприклад, куб і відмалювати його, не пишучи шейдерів GL. Three.js підтримує також VR: там є модуль XR – метод `renderer.xr.setSession()` інтегрується з WebXR API і переводить рендер у стерео-режим для гарнітури. Фактично Three.js може рендерити сцену на VR-дисплей з урахуванням положення голови користувача. До того ж, Three.js має готові ладери форматів (glTF, OBJ тощо), системи частинок, пост-ефекти – це величезна екосистема. Тож, ймовірний вибір №1 – Three.js для побудови нашої VR-сцени з сувенірами. Знання цієї бібліотеки дуже корисне і універсальне.

A-Frame – як згадувалось, це фреймворк від Mozilla (зараз підтримується спільнотою та Supermedium) для спрощеного створення VR [1]. Головна “фішка” A-Frame: використання HTML-синтаксису для 3D-сцени. Наприклад, щоб додати куб, у HTML пишеться `<a-box color="red" position="0 1 -3"></a-box>`. Під капотом A-Frame використовує Three.js (як двигун), а розробник оперує зрозумілими компонентами. A-Frame підтримує WebXR і автоматично включає VR-режим при активації (наприклад, є вбудована кнопка “Enter VR” при відкритті сцени на сумісному пристрої). Сильна сторона A-Frame – низький поріг входження: веб-розробники, знайомі з HTML, можуть творити 3D-сцени не вникаючи в математичний аналіз. Також A-Frame має багатий набір компонентів (контролів для телепортації, інтерактивних курсорів тощо). Недоліки: інколи менша гнучкість порівняно з чистим Three.js, та потенційно трохи гірша продуктивність (додається рівень абстракції). Втім, багато VR-проектів у вебi зроблено саме на A-Frame (наприклад, соціальний VR-чат Mozilla Hubs працює на A-Frame).

Babylon.js – ще один потужний 3D-рушій для веб. Він трохи менш популярний, ніж Three.js, але дуже активно розвивається (Microsoft бере

участь у його розробці) [2]. Babylon.js також має повну підтримку WebXR, зручний редактор, навіть нодування матеріалів. Його API дещо інше, але в цілому аналогічне за можливостями. Вибір між Babylon і Three – питання вподобань; Three.js має більшу спільноту та приклади, тому схилиємося до нього. Але Babylon теж вартий уваги: для деяких задач (наприклад, велетенські сцени) він оптимізований, плюс надає GUI-бібліотеку для 2D інтерфейсів у 3D-сцені.

Окрім цих, є ще варіанти: PlayCanvas (ігровий рушій з веб-редактором, під капотом WebGL), Unity3D з WebGL експортом – Unity можна збілдити в WebGL-додаток, який працює у браузері. Unity навіть підтримує WebXR через плагіни, тож теоретично можна зробити VR-сцену в Unity і вбудувати на веб-сторінку. Але такий підхід не дуже інтегративний з веб-технологіями (виходить чорний ящик, важкий завантажувач, складність взаємодії з DOM). До того ж, Unity-білд – це мегабайти габаритів, що не ідеально для веб. Тому краще нативні веб-бібліотеки (Three/A-Frame).

Формат 3D-моделей. У вебi став стандартом glTF (GL Transmission Format) – стиснутий двійковий формат .glb або текстовий .gltf + bin, який оптимізовано для інтернету (подібно до “JPEG для 3D”). glTF підтримує матеріали PBR (фізично коректні), анімації, камери. Three.js і Babylon мають відмінні glTF-лоадери, A-Frame теж легко імпортує glTF через компонент <a-asset-item> або <a-gltf-model>. Отже, моделі сувенірів доцільно конвертувати у glTF. Якщо вихідні моделі від дизайнерів будуть в форматах OBJ/FBX, їх можна превентивно перевести. glTF також може вбудовувати текстури та зменшувати їх розмір, що добре для швидкості завантаження.

UI у VR. Хоч VR припускає мінімум 2D елементів (краще робити все дієгетично, тобто в самому світі), але практично нам потрібні якісь підказки, можливо меню. В WebXR є модуль DOM Overlays – він дозволяє поверх VR рендера накласти HTML елемент, наприклад для показу відео або форм. Проте не всі гарнітури підтримують це. Альтернативно, UI можна зробити всередині Three.js: наприклад, малювати текстури з текстом або приміщати пласкі 3D-

панелі. A-Frame має компонент `<a-text>` для тексту в просторі. З ним можна, скажімо, підвішувати назви товарів над ними.

Інші спеціалізовані бібліотеки:

- React Three Fiber (R3F) – якщо ми обрали React, варто згадати цю бібліотеку, яка робить Three.js “рідним” для React, описуючи Three-сцену JSX-синтаксисом. Вона добре працює і з VR. По суті, R3F – альтернатива A-Frame, але для React-розробників. З її допомогою ми можемо писати `<Canvas><ambientLight /><mesh>...</mesh></Canvas>` в рендері React. Це може бути шлях інтеграції VR-сцени у React додаток. R3F підтримує `useFrame` (оновлення на кадр), `useThree` (доступ до об’єктів Three) – повна гнучкість. Для VR R3F: `<Canvas vr> ... </Canvas>` дозволяє ініціювати VR-сесію, і є приклади з контролерами.
- `troika-three-text` – бібліотека для рендеру чіткого тексту в Three.js сцені (бо стандартний `TextGeometry` не ідеальний).
- `Networked A-Frame` – якщо ми хотіли б багатокористувацький VR (навіть чи в межах цього проекту), є готові рішення, що на основі WebRTC/Socket синхронізують стан кількох A-Frame клієнтів.

Отже, план такий: використати перевірену комбінацію Three.js + WebXR (можливо, через A-Frame чи React Three Fiber). Щоб визначитись, врахуємо, хто розроблятиме: якщо припустити, що ми самі (як розробник) знаємо Three.js, можна йти напругу з Three. Якщо хотіли б пришвидшити розробку та зробити код декларативнішим – A-Frame або React Three Fiber.

З точки зору подальшої підтримки, A-Frame дозволяє навіть не-фахівцю в 3D коригувати сцену, бо це HTML. React Three Fiber вимагає знання React + Three.

Зважаючи, що фронтенд у нас React, логічно спробувати React Three Fiber + Three.js. Це дає змогу використовувати одну парадигму і для UI, і для 3D. R3F – доволі популярна бібліотека в спільноті, має 15k+ зірок на GitHub.

Цей код створить VR-сцену (при натисканні на VR-кнопку в браузері). `Model` – компонент, що може завантажити glTF через `useLoader`. R3F

автоматично підхоплює контролери (можна додати `<VRButton />` для входу в VR).

Ще є бібліотека `react-xr` – надбудова над R3F для спрощення роботи з контролерами і “interactions”. Вона надає компоненти `<VRCanvas>`, `<Interactive>`, `<RayGrab>`, аби легко зробити об’єкт інтерактивним для контролера.

Підсумовуючи, веб-VR технології для нашого проекту:

- Рендеринг: Three.js як графічний рушій.
- Інтеграція з фронтендом: React Three Fiber (React-підхід).
- Формат моделей: glTF/GLB, завантаження через `three/examples/GLTFLoader` або React.

Обрана комбінація технологій забезпечить високу якість графіки та інтерактивність. Three.js дозволяє реалізувати красиві матеріали (металеві сувеніри, глянцевий керамічний посуд і т.д. з PBR). Це відповідає вимогам, сформульованим у розділі 1.

## 2.4 Інструменти розробки та розгортання

На завершення аналізу технологій окреслимо ті засоби, що допоможуть при розробці проекту і його розгортанні на сервері.

Середовище розробки (IDE) та контроль версій. Розробка фронтенду і бекенду JavaScript/TypeScript зазвичай найзручніше ведеться у Visual Studio Code – цей безкоштовний редактор став надзвичайно популярним (за опитуваннями, ~75% веб-розробників використовують VS Code). Він має корисні розширення для React, TypeScript, підтримку сніпетів Three.js і т.д. Код проекту слід зберігати у системі контролю версій Git (репозиторій, наприклад, на GitHub або GitLab). Це дозволить відслідковувати зміни, співпрацювати в команді, а також легко деплоїти (деякі хости вміють розгортати прямо з репозиторію).

Системи збірки та автоматизації. Фронтенд-проект на React/TypeScript зазвичай використовує бандлери на кшталт Webpack, Parcel або інструменти типу Vite. Враховуючи, що у нас можуть бути великі ресурси (3D моделі,

зображення текстур), важливо налаштувати оптимальне збирання: компресія, розділення на чанки (code splitting). Більшість сучасних шаблонів (Create React App, Vite) вже забезпечують мініфікацію коду, додавання хешів для кешування. Також варто налаштувати TypeScript компіляцію (tsconfig) і ESLint/Prettier для коду, щоб підтримувати якість.

CI/CD. Наявність CI (Continuous Integration) налаштувати корисно: наприклад, GitHub Actions, що автоматично будуватиме проект і навіть проганятиме тести на пуш. CD (Continuous Deployment) – за кожного пушу в main – деплой на сервер (якщо довіряємо стабільності).

DevOps та розгортання. Розгортання відбувалося через Netlify – платформу типу PaaS, яка дозволяє автоматично публікувати проект із Git-репозиторію. Netlify забезпечує HTTPS, редіректи для SPA (\_redirects), підтримку sitemap.xml і robots.txt. Додаткові можливості, як-от функції Netlify (Lambda), можуть бути використані для інтеграції серверної логіки за потреби.

SEO та індексація. Для індексації проекту в Google створено sitemap.xml і robots.txt, які розміщено у публічній директорії. Проект додано до Google Search Console, підтверджено право власності через HTML-мета-тег. URL головної сторінки проіндексовано, і сайт почав з'являтися у результатах пошуку.

## **Висновки до розділу 2**

Для реалізації проекту обрано сучасний стек веб-технологій. На фронтенді – React з використанням Three.js (через React Three Fiber) для відтворення VR-сцени. На бекенді – Node.js з фреймворком Express/Nest, що забезпечить швидкий API та зручність роботи з даними. Обрана база даних MongoDB дозволить гнучко зберігати інформацію про товари. Інструменти розробки (VS Code, Git) та деплою (хостинг з підтримкою Node) сприятимуть стабільності та масштабованості системи. Цей технологічний вибір підтверджується актуальними трендами та підтримкою спільноти розробників, що знижує ризики і забезпечує проект перевіреними рішеннями.

## РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦІЇ СУВЕНІРІВ

### 3.1 Архітектура системи

Перед безпосередньою реалізацією опишемо архітектуру створюваної системи – тобто, як будуються її основні компоненти і як вони взаємодіють між собою. Наша система включає як клієнтську частину (VR-додаток у браузері), так і серверну частину (бекенд з базою даних). Архітектурний підхід можна визначити як класичний клієнт-серверний із використанням веб-технологій, доповнений специфічним модулем VR-візуалізації на клієнті.

Компоненти системи:

Веб-клієнт (Front-end) – односторінковий веб-застосунок (SPA), що завантажується у браузері користувача. Він відповідає за відображення інтерфейсу, рендеринг 3D-сцени та реалізацію логіки взаємодії з користувачем у VR. Основні модулі фронтенду:

Модуль VR-сцени: побудований на Three.js, цей модуль створює 3D-простір магазину, розташовує моделі сувенірів, камеру, освітлення.

Інтерфейс користувача (UI): накладений 2D-інтерфейс (React-компоненти).

Менеджер стану: відповідає за завантаження даних з сервера і зберігання їх на клієнті. Наприклад, при старті застосунку, він викличе API сервера, отримає список товарів (з назвами, описами, URL моделей), збереже його (в React – в глобальному стані або контексті). Далі ця інформація використовується для відображення товарів (підвантаження 3D-моделей по URL, відображення текстових описів при запиті).

Серверна частина (Back-end API) – веб-сервер (Node.js), що надає REST API для клієнту і виконує бізнес-логіку. Основні компоненти бекенду:

API контролери: обробляють HTTP-запити. Приміром, GET /api/products викликає контролер ProductController, який отримує з БД список товарів і повертає його у JSON формі клієнту. Інший маршрут – GET /api/products/{id} – повертає інформацію про один товар (включно з посиланням на

модель/зображення). Якщо передбачено оформлення замовлення: `POST /api/orders` – приймає дані замовлення від клієнта (які товари, адреса, тощо) і зберігає.

Сервіси та логіка: у багаторівневій архітектурі (як NestJS) існують сервіси, які інкапсулюють логіку роботи з даними. Наприклад, `ProductService` матиме методи `getAllProducts()`, `getProductById(id)`, `updateProduct(id, data)` (для адмінки). Ці сервіси звертаються до рівня доступу до даних (`repository`).

База даних: система зберігання даних про сувеніри. Припустимо, використано MongoDB. Тоді буде колекція `products`, де кожен документ містить поля: `_id`, `name`, `description`, `imageUrl`, `categoryID` тощо. Якщо реляційна БД (Postgres), то відповідно таблиці (`products`, `categories`, `orders`, `users...`). Сервер взаємодіє з БД через ORM `Mongoose`. Запит `Product.find()` поверне список товарів. База може бути винесена на окремий кластер/сервер – але логічно ми вважаємо її частиною бекенд-шару.

Статичний контент: Node-сервер також видає статичні файли – це зібраний фронтенд (HTML, JS, CSS) і файли моделей/текстур. Моделі можуть зберігатися на тому ж сервері у папці `/public/models/*`. Запити на `GET /models/souvenir123.glb` обслуговуються, наприклад, модулем `Express.static` – і клієнт отримує файл моделі для завантаження у `Three.js`.

Взаємодія компонентів (робота системи).

Коли користувач заходить на сайт (<https://souvenir-shopkp.netlify.app/>), відбувається такий потік:

Браузер виконує HTTP(S) запит до сервера, запитуючи головну сторінку. Node.js сервер (`Express`) перевіряє маршрут / і віддає зібраний статичний файл `index.html` React-додатку. Також браузер завантажує зв'язані `bundle.js`, `bundle.css`.

React-додаток стартує: на сторінці відображається початковий інтерфейс.

Фронтенд викликає `GET /api/products` до сервера (через `fetch/Axios`). Сервер звертається до БД, отримує масив товарів. Повертає JSON зі списком

(наприклад, 20 товарів). Відповідь може виглядати: `[{ id:1, name:"Магніт Кам'янець-Подільський ", model:"/models/magnet1.glb", ...}, {...}]`.

Отримавши дані, фронтенд викликає функцію завантаження 3D-моделей. Наприклад, перебирає масив товарів і для кожного ініціює завантаження модельного файлу через Three.js GLTFLoader. Лоадер робить підкапотні HTTP GET на `model:"/models/magnet1.glb"` – які обслуговуються сервером (Express.static повертає файл). Як тільки модель завантажена (асинхронно), вона додається у Three.js сцену (тобто, створюється об'єкт Mesh і додається в scene). Так поступово сцена заповнюється об'єктами. Якщо моделей багато і вони важкі, можливо, вантажаться не всі одразу, а наприклад, тільки ті, що поруч із початковою позицією користувача (опціонально оптимізація).

Користувач бачить перед собою 3D-вітрину товарів. Він може оглядатися мишею (в браузері) або доторкатися на екрані (на смартфоні). Якщо він натискає кнопку “Режим VR”, фронтенд викликає `navigator.xr.requestSession('immersive-vr')`. Браузер запитає у користувача дозвіл, потім перемкне екран у гарнітуру (на Quest це повноекранний VR). Фронтенд код переходить у VR-рендер: Three.js починає малювати сцени для двох очей, оновлюючи камеру згідно з `pose` з WebXR на кожен кадр (60/72/90Hz).

На архітектурній діаграмі можна показати такі зв'язки:

Браузер -> Сервер: запити HTTPS (завантаження сторінки, API виклики, завантаження моделей).

Сервер -> База даних: запити (SQL або Mongo query) для отримання/оновлення даних.

В браузері: всередині клієнта – взаємодія між React (UI) і Three.js (VR-сцена) – можна відобразити це як окремі блоки з посиланням “комунікація через React state/events”.

Масштабування серверу: Якщо кількість користувачів зросте, Node.js сервер може бути запущений у кількох екземплярах за балансувальником. База

даних треба щоб була одна (чи кластерована) – наприклад, Mongo Replica Set.

**Безпека:** Сервер повинен валідовати вхідні дані (щоб хтось не надіслав некоректний JSON і не зламав логіку). Також доступ до API, як говорили, обмежено токенами для захищених дій.

**Logging:** На сервері – логувати основні дії (в консоль або файл), на клієнті – можливо, теж (для відладки).

### 3.2 Розробка користувацького інтерфейсу

Проектування UI для VR-системи має враховувати, з одного боку, загальні принципи зручності веб-інтерфейсів, а з іншого – особливості взаємодії у віртуальній реальності. В цьому підрозділі опишемо, як спроектовано і реалізовано основні елементи інтерфейсу користувача нашої системи.

Структура інтерфейсу та сценарій використання. При відвідуванні сайту користувач спочатку бачить початковий екран (див. рис. 3.1.) з основними елементами – заголовок (назва віртуальної крамниці сувенірів).

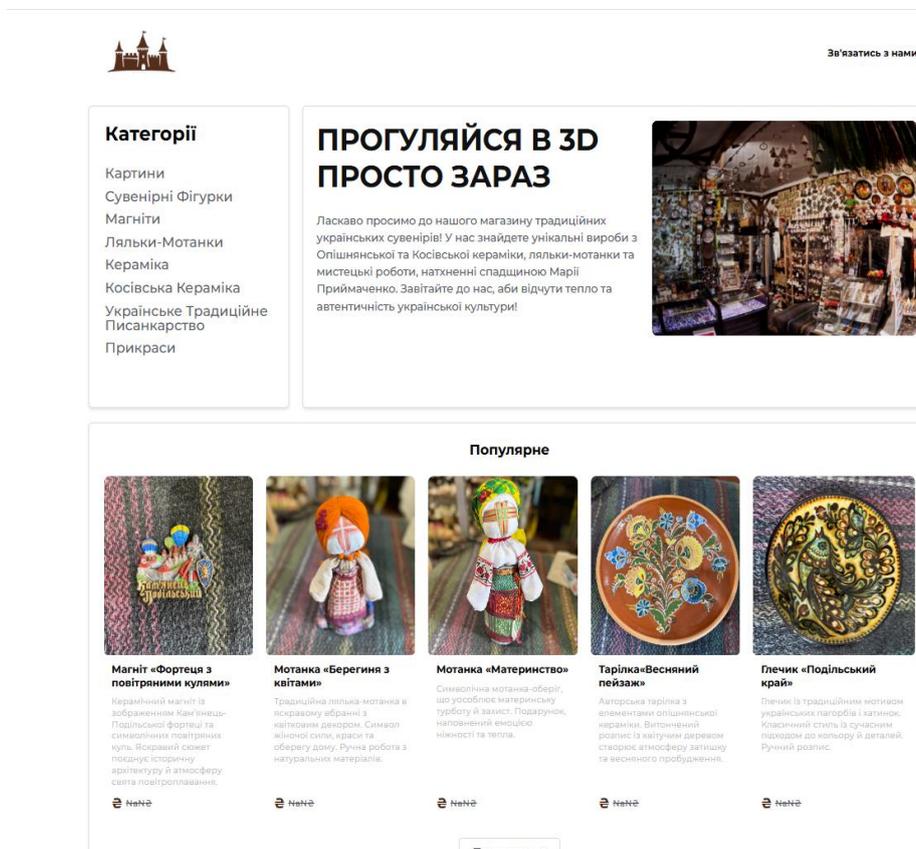


Рис. 3.1. Початковий екран з основними елементами

На екрані є постер з 3d панорамою, сайдбар з категоріями товарів (див. рис. 3.3) та кнопка «Зв'язатись з нами».

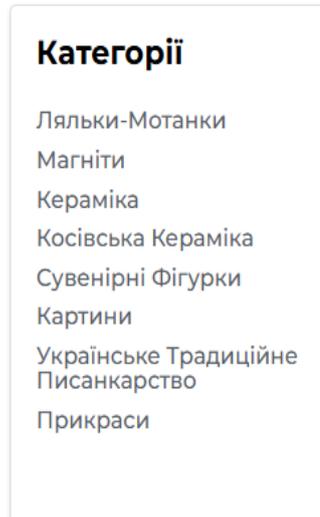


Рис. 3.3. Сайдбар з категоріями товарів

Натиснувши кнопку «Зв'язатись з нами», користувач переходить на окрему сторінку з контактною інформацією магазину (див. рис. 3.4). На цій сторінці відображаються такі дані, як номер телефону та фізична адреса. Для зручності також додано інтерактивне посилання на Google Maps, що дозволяє швидко переглянути розташування магазину та прокласти маршрут.

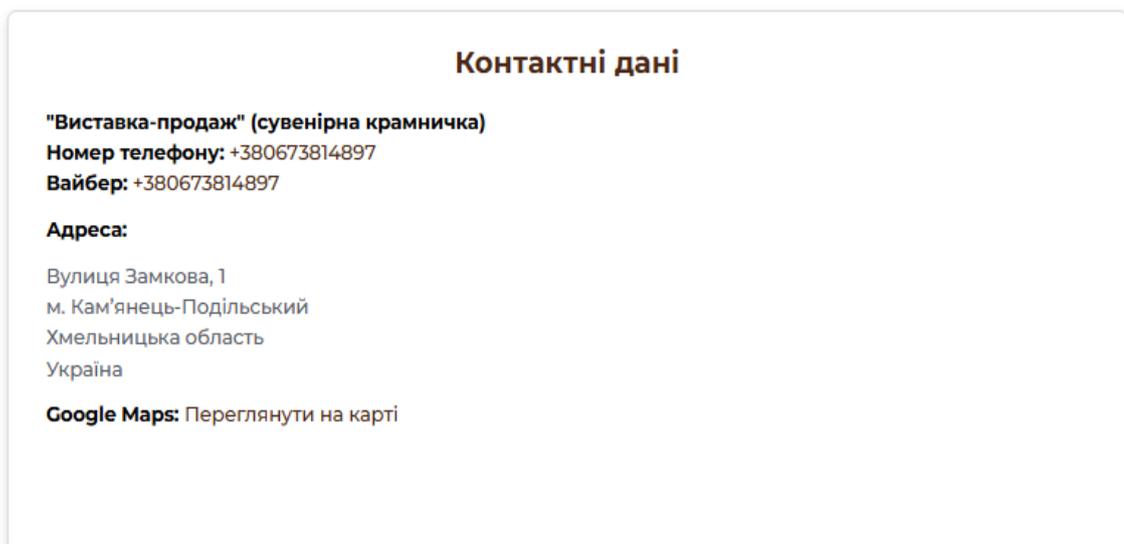


Рис. 3.4. Сторінка з контактною інформацією магазину

Після вибору категорії товарів у сайдбарі (див. рис. 3.3), користувач переходить на сторінку з відповідними сувенірами. Наприклад, при виборі

категорії «Магніти» відкривається сторінка, що містить перелік магнітів з описом, фото та ціною (див. рис. 3.5).

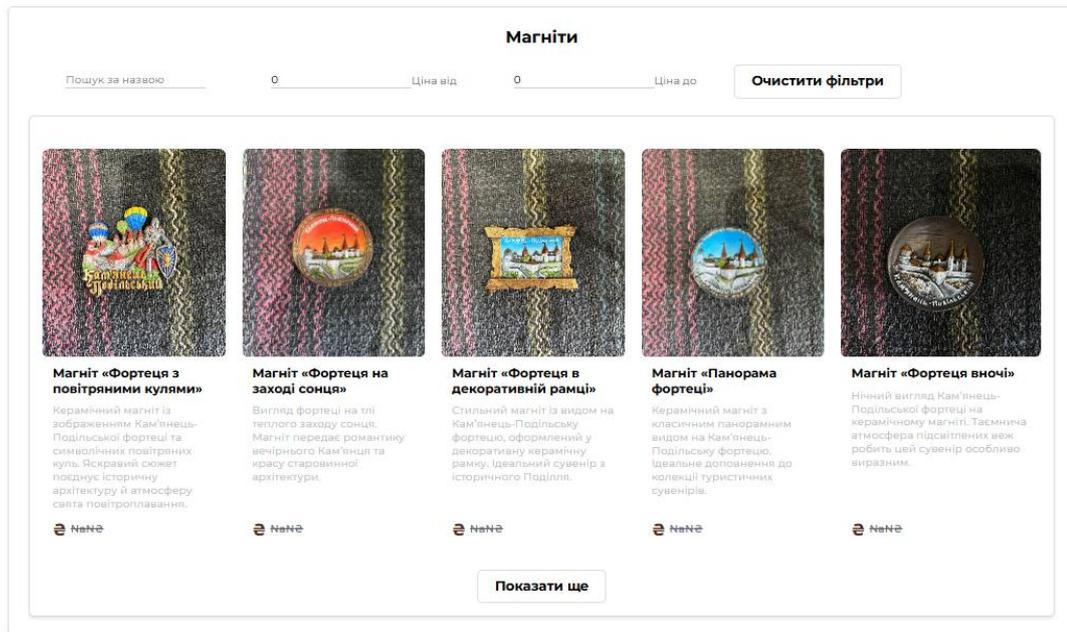


Рис. 3.5. Сторінка, що містить перелік магнітів з описом, фото та ціною.

Сторінка реалізована як динамічний компонент, який отримує дані з API згідно з ідентифікатором категорії (через `categoryId`). Фронтенд реалізує також фільтрацію за назвою товару та діапазоном цін, яка виконується локально. Є кнопка «Очистити фільтри», яка повертає всі початкові значення.

Основні елементи інтерфейсу:

- Назва категорії вгорі сторінки.
- Фільтри (пошук за назвою та ціною).
- Перелік товарів, кожен з яких має: зображення; назву; короткий опис; ціну (позначка ₴); кнопка «Показати ще», яка дозволяє довантажити наступну порцію товарів (збільшує кількість виведених товарів на фронтенді).

Візуалізація. Картки товарів розміщені у вигляді сітки. Зображення розміщені над описом, а самі картки мають єдиний стиль оформлення: округлі кути, тінь, білий фон — що відповідає сучасним принципам UX/UI-дизайну.

При натисканні на будь-який товар зі списку, користувач переходить на сторінку детального перегляду цього сувеніра (див. рис. 3.6). Наприклад,

сторінка тарілки «Квітковий орнамент» відображає повнорозмірне зображення товару, його назву та розгорнутий опис.



Рис. 3.6. Сторінка детального перегляду товару

Основні елементи сторінки:

- Зображення товару зліва, розміщене у квадратному контейнері з заокругленими краями.
- Назва товару праворуч, виділена крупним шрифтом.
- Опис — з коротким художнім текстом, який підкреслює унікальність виробу (у прикладі: “Декоративна керамічна тарілка ручної роботи з етнічним квітковим візерунком...”).
- Посилання «Повернутись до магазину», що дозволяє швидко повернутися до попередньої сторінки з категоріями.

Особливості реалізації: сторінка реалізована як окремий маршрут (наприклад, `/product/:id`) із використанням параметру маршруту (`useParams`).

При завантаженні сторінки виконується запит до API або пошук серед збережених даних (наприклад, через `Redux` або локальний масив), щоб знайти товар за його ID.

У компоненті використовуються адаптивні стилі — зображення та опис автоматично перебудовуються на менших екранах (наприклад, опис стає під зображенням).

### 3.3 Реалізація віртуальної сцени

У рамках проєкту реалізовано інтерактивну 3D-сцену сувенірної крамниці за допомогою бібліотеки Three.js, з використанням React і @react-three/fiber для інтеграції 3D-графіки в React-компоненти. Візуалізація здійснюється у компоненті <Canvas>, що дозволяє рендерити 3D-сцену з повноцінною підтримкою освітлення, камер і моделей.

Моделювання простору. Віртуальна сцена представляє інтер'єр сувенірної крамниці, відтворений у форматі 3D-моделі (.glb), завантаженої з директорії /models/panorama.glb за допомогою хуку useGLTF. Модель має масштаб [1.5, 1.5, 1.5], що дає змогу адаптувати її до камери у сцені (див. рис. 3.7).

```

6  v const PanoramaModel = () => {
7    const { scene } = useGLTF("/models/panorama.glb");
8    return <primitive object={scene} scale={[1.5, 1.5, 1.5]} />;
9  };

```

Рис. 3.7. Використання хуку useGLTF для масштабування

Камера і навігація. Камера розташована на позиції [5, 3, 5] з вузьким полем огляду (fov: 11), що створює ефект зосередженого погляду, схожого на фотографію з довгофокусного об'єктива. Для взаємодії із сценою використовується компонент OrbitControls, який дозволяє повертати камеру навколо об'єкта. Це не є повноцінною VR-навігацією, але створює ефект «панорамного огляду».

Освітлення. Сцена освітлюється комбінацією (див. рис. 3.8): ambientLight (м'яке фонове освітлення); directionalLight (імітація направленої світла від джерела, наприклад, вікна або лампи); Environment з пресетом "sunset" для HDRI-оточення, яке додає реалістичні світлові відтінки.

```

26  <ambientLight intensity={0.7} />
27  <directionalLight position={[5, 5, 5]} intensity={1} />
28  <PanoramaModel />
29  <OrbitControls target={[0, 1, 0]} />
30  <Environment preset="sunset" />

```

Рис. 3.8. Комбінація для освітлення сцени

Інтеграція у сайт. Сцену обгорнуто в компонент `Poster`, що є частиною домашньої сторінки та одночасно виконує функцію вітального банера магазину з 3D-панорамою. Поруч з 3D-сценою виводиться текстовий блок з описом крамнички та її культурного наповнення.

Оптимізація. Модель попередньо завантажується за допомогою `useGLTF.preload()`, що дозволяє уникнути затримки при відображенні сцени.

### 3.4 Деплой системи

Завершальний етап розробки полягав у розгортанні вебзастосунку на публічному сервері, щоб надати доступ до нього кінцевим користувачам. У процесі деплою ми об'єднали всі компоненти, підготували фінальну збірку і провели тестування в умовах `production`.

Для розгортання було обрано платформу `Netlify` — це популярне `PaaS`-рішення для хостингу фронтенд-застосунків, зокрема статичних сайтів, створених на `React`. `Netlify` дозволяє автоматично збирати проєкт із репозиторію `GitHub` та публікувати його після кожного коміту в основну гілку. Саме ця можливість `CI/CD` і стала ключовою для вибору платформи. Фінальна збірка застосунку (створена за допомогою `Vite`) зберігається у директорії `dist`, і саме вона завантажується на `Netlify`. Конфігураційний файл `netlify.toml` вказує на головну `HTML`-сторінку (`index.html`) і налаштовує правила маршрутизації для `SPA`, щоб усі шляхи перенаправлялись на неї. Це вирішує проблему `404` при переході на внутрішні маршрути, як-от `/categories/5`.

3D-моделі, текстури та статичні ресурси розміщено в директорії `public/`, яка автоматично потрапляє до складу збірки. Ми також переконались, що шляхи до моделей правильні, а всі важливі файли (наприклад, `.glb`, `.jpg`) були оптимізовані за допомогою `Draco compression`, щоб покращити швидкість завантаження.

`Netlify` автоматично надає `HTTPS` для кожного розгорнутого сайту. Це обов'язкова умова для роботи `WebXR API`, яке ми використовували для активації `VR`-режиму. Завдяки цьому `VR`-сцена коректно відкривалася як у

браузерах на ПК, так і на мобільних пристроях

Для Google Search Console було підготовлено файл sitemap.xml, який описує основні маршрути сайту. Його було додано вручну в панель індексації. Також ми створили файл robots.txt, що дозволяє доступ до сторінок і вказує шлях до мапи сайту. Індексція головної сторінки вже підтверджена, проте обробка sitemap триває. Це типова затримка на стороні Google.

Після успішного розгортання системи віртуальної реальності для презентації сувенірів за посиланням <https://souvenir-shopkp.netlify.app/> було проведено всебічне тестування для забезпечення її належного функціонування та зручності використання. Основні етапи тестування включали:

- Функціональне тестування основних можливостей (перевірка коректності завантаження та відображення головної сцени; тестування активації та стабільної роботи VR-режиму для занурення користувача у віртуальний простір).

- Тестування крос-пристройної сумісності (доступність та коректне відображення сайту на різних типах пристроїв, включаючи персональні комп'ютери та мобільні пристрої, з метою забезпечення широкої аудиторії користувачів).

- Тестування внутрішньої навігації та архітектури SPA (перевірка функціональності внутрішніх маршрутів (/categories, /cart), що підтвердило коректну роботу архітектури Single Page Application (SPA), забезпечуючи швидке та безперебійне перемикання між розділами сайту без перезавантаження сторінки).

Результати тестування підтвердили стабільну роботу системи та її відповідність визначеним вимогам.

### **Висновки до розділу 3**

У процесі проектування та розробки було створено повноцінний прототип VR-системи для презентації сувенірів. Архітектура охопила фронтенд (React + Three.js/WebXR) та бекенд (Node.js + база даних). Інтерфейс користувача адаптовано під VR-взаємодію, забезпечено інтуїтивне керування

та приємний дизайн. Віртуальна сцена магазину реалізована з увагою до деталей: предмети, освітлення, інтерактивність відповідають вимогам реалістичності та зручності. Система успішно розгорнута на веб-сервері і готова до демонстрації. Таким чином, досягнуто основної мети – користувач має можливість зануритися у віртуальний світ сувенірної крамниці і ознайомитися з товарами у новий, захопливий спосіб.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було розроблено повноцінний веб-застосунок для онлайн-магазину сувенірів, що поєднує можливості традиційного електронного каталогу з інтерактивною 3D-панорамою. Архітектура системи базується на сучасному MERN-стеку (MongoDB, Express.js, React, Node.js), що забезпечує надійну взаємодію між клієнтською та серверною частинами. Користувач має змогу переглядати товари за категоріями, фільтрувати їх за назвою та ціною, переходити на сторінки окремих продуктів, а також взаємодіяти з візуально насиченим інтерфейсом без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення. Усі дані завантажуються з централізованого API, що спрощує підтримку і масштабування проєкту.

Особливу увагу в межах проєкту було приділено реалізації тривимірної панорами, яка демонструє сувенірну крамницю в інтерактивному форматі. За допомогою бібліотеки Three.js у поєднанні з React Three Fiber створено віртуальну сцену, де користувач може озирнутися навколо, роздивитися розташування товарів та відчутти присутність у реальному магазині. Модель середовища оптимізована під потреби віртуальної реальності – зменшено кількість полігонів, стиснено текстури, реалізовано рівні деталізації (LOD), що забезпечує плавну роботу сцени навіть на автономних VR-пристроях. У результаті досягнуто стабільної частоти кадрів у межах 60–72 FPS. Це забезпечує глибший емоційний контакт із контентом і значно покращує користувацький досвід.

Розроблений застосунок повністю відповідає запитам замовника – приватного підприємця, зацікавленого у створенні доступного, сучасного та візуально привабливого рішення для просування сувенірної продукції онлайн. Завдяки поєднанню традиційних засобів презентації та інноваційних VR-технологій проєкт забезпечує високу інформативність, естетичну привабливість та ефективне залучення користувачів. Додаток протестовано на різних пристроях, включаючи ПК-гарнітури та мобільні браузері, що

підтвердило його мультиплатформеність і придатність для реального використання.

Практичні результати дипломної роботи дозволили суттєво розширити професійні компетенції в галузі веб-програмування. У процесі реалізації було опановано роботу з REST API, організацію серверної логіки на Node.js, моделювання баз даних у MongoDB, створення SPA-додатків у React, а також розширено знання у сфері 3D-графіки та оптимізації WebXR-сцен. Сформовано розуміння принципів інтерактивного UX-дизайну у контексті віртуальної реальності. Уся система успішно розгорнута на хмарному сервері та функціонує повністю у веб-середовищі, що відкриває можливість легкого доступу для кінцевих користувачів із будь-якого пристрою з підтримкою WebGL/WebXR.

Таким чином, дипломна робота підтверджує можливість ефективного поєднання технологій віртуальної реальності та сучасної веб-розробки у контексті електронної комерції. Запропоноване рішення може слугувати як прототип для подальшого розвитку у формі онлайн-магазину, інтегрованого з платіжними системами, або туристичного порталу, де користувачі матимуть змогу здійснити віртуальну екскурсію перед поїздкою. У перспективі проект може бути доповнений можливістю спільної присутності у VR, системою рекомендацій, функціоналом доповненої реальності (AR), що забезпечить ще більшу персоналізацію та залученість. Отримані в ході роботи знання і досвід підтверджують актуальність тематики та потенціал подальших досліджень на перетині VR, веб-технологій і маркетингу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A-Frame – framework for WebXR (офіційна документація). URL: <https://aframe.io/> (Дата звернення: 16.03.2025)
2. Babylon.js – офіційний веб-сайт 3D-рушія. URL: <https://www.babylonjs.com/> (Дата звернення: 10.12.2024)
3. Express.js – офіційний сайт. URL: <https://expressjs.com/> (Дата звернення: 17.02.2025)
4. International Virtual Reality Healthcare Association (ivrha.org). Технічні вимоги до VR-дисплеїв. URL: <https://ivrha.org> (Дата звернення: 17.01.2025)
5. Khronos Group – glTF 2.0 Specification (специфікація формату 3D-моделей). URL: <https://www.khronos.org/glTF/> (Дата звернення: 11.11.2024)
6. MongoDB – документація. URL: <https://www.mongodb.com/docs/> (Дата звернення: 10.03.2025)
7. Node.js – офіційний сайт. URL: <https://nodejs.org/en/docs/> (Дата звернення: 15.02.2025)
8. React – офіційний сайт. URL: <https://react.dev/> (Дата звернення: 03.02.2025)
9. Site2b.ua. Віртуальна реальність VR – огляд девайсів, розвиток у 2024 перспективи. URL: <https://site2b.ua> (Дата звернення: 22.11.2025).
10. Three.js – JavaScript 3D Library (офіційний сайт). URL: <https://threejs.org/> (Дата звернення: 12.03.2025)
11. TypeScript – офіційний веб-сайт. URL: <https://www.typescriptlang.org/> (Дата звернення: 10.02.2025)
12. Wikipedia. WebXR. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/WebXR> (Дата звернення: 15.01.2025)
13. Асоціація виробників та імпортерів рекламних сувенірів України ("АВІРСУ"). Чим живе рекламно-сувенірна індустрія України? URL: <https://avirsu.pppromo.com.ua> (Дата звернення: 12.01.2025).

14. Віртуальна реальність як інструмент 3D-маркетингу. URL: [https://cases.media/en/article/dopovnena-realnist-yak-instrument-3d-marketingu?srsltid=AfmBOoqq\\_4uSbprRRy0hPNetXFj7tK8V\\_24rp\\_UsA9b07oK6ZZ4sC1Dv](https://cases.media/en/article/dopovnena-realnist-yak-instrument-3d-marketingu?srsltid=AfmBOoqq_4uSbprRRy0hPNetXFj7tK8V_24rp_UsA9b07oK6ZZ4sC1Dv) (Дата звернення: 22.01.2025)
15. Душейко А.О. Аналіз та використання 3D моделювання у веб-розробці для покращення користувацького інтерфейсу. Магістерська дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 2024. 78 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5711c86b-406b-41fe-b257-4ef3a721a79b/content> (Дата звернення: 03.01.2025)
16. Княгницький В. Створення систем віртуальної реальності для презентації сувенірів. Збірник матеріалів наукової конференції за підсумками науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти фізико-математичного факультету Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка у 2024-2025 н.р., 9-10 квітня 2025 року [Електронний ресурс]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, фізико-математичний факультет, 2025. С. 25-29. URL: <http://elar.kpnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/8094>. (Дата звернення: 18.05.2025)

## ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ.  
КОМПОНЕНТ APP.JSX

```
import React, { useEffect } from "react";
import { useDispatch } from "react-redux";

import AppRoutes from "../Routes/Routes";
import Header from "../Header/Header";
import Footer from "../Footer/Footer";
import Sidebar from "../Sidebar/Sidebar";

import { getCategories } from
"../../features/categories/categoriesSlice";
import { getProducts } from "../../features/products/productsSlice";

import UserForm from "../User/UserForm";

const App = () => {
  const dispatch = useDispatch();

  useEffect(() => {
    dispatch(getCategories());
    dispatch(getProducts());
  }, [dispatch]);

  return (
    <div className="app">
      <Header />
      <UserForm />
      <div className="container">
        <Sidebar />
        <AppRoutes />
      </div>
      <Footer />
    </div>
  );
};

export default App;
```

## ДОДАТОК Б. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. КОМПОНЕНТ POSTER.JSX

```

import React from "react";
import styles from "../../styles/Home.module.css";
import { Canvas } from "@react-three/fiber";
import { OrbitControls, Environment, useGLTF } from "@react-
three/drei";

const PanoramaModel = () => {
  const { scene } = useGLTF("/models/panorama.glb");
  return <primitive object={scene} scale={[1.5, 1.5, 1.5]} />;
};

const Poster = () => (
  <section className={styles.home}>
    <div className={styles.product}>
      <div className={styles.text}>
        <h1 className={styles.head}>Прогуляйся в 3D просто зараз</h1>
        <p className={styles.description}>
          Ласкаво просимо до нашого магазину "Виставка-продаж"
          (сувенірна крамничка) традиційних українських сувенірів! У нас
          знайдете унікальні вироби з Опішнянської та Косівської кераміки,
          ляльки-мотанки та мистецькі роботи, натхненні спадщиною Марії
          Приймаченко. Завітайте до нас, аби відчутти тепло та автентичність
          української культури!
        </p>
      </div>
      <div className={styles.image}>
        <div className={styles.canvasWrapper}>
          <Canvas
            camera={{ position: [5, 3, 5], fov: 11 }}
            style={{ width: "100%", height: "100%" }}
          >
            <ambientLight intensity={0.7} />
            <directionalLight position={[5, 5, 5]} intensity={1} />
            <PanoramaModel />
            <OrbitControls target={[0, 1, 0]} />
            <Environment preset="sunset" />
          </Canvas>
        </div>
      </div>
    </div>
  </section>
)

```

```
);  
  
useGLTF.preload("/models/panorama.glb");  
  
export default Poster;
```

## ДОДАТОК В. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. КОМПОНЕНТ HEADER.JSX

```
import React from "react";
import { Link } from "react-router-dom";

import styles from "../../styles/Header.module.css";
import { ROUTES } from '../../utils/routes';

import LOGO from '../../images/logo6.png';

const Header = () => {
  return (
    <div className={styles.header}>
      <div className={styles.top}>
        <div className={styles.logo}>
          <Link to={ROUTES.HOME}>
            <img src={LOGO} alt="Souvenir" />

          </Link>
        </div>

        <Link to={ROUTES.CONTACT} className={styles.contact}>
          Зв'язатись з нами
        </Link>
      </div>

      <div className={styles.info}>

      </div>
    </div>
  );
};

export default Header;
```

## ДОДАТОК Г. РЕАЛІЗАЦІЯ ФРОНТЕНД ЧАСТИНИ. СТИЛІ HEADER.MODULE.CSS

```
.header {
  width: 100%;
  display: flex;
  flex-direction: column;
  padding: 25px 20px;
  gap: 12px;
}

.top {
  display: flex;
  justify-content: space-between;
  align-items: center;
  width: 100%;
}

.logo {
  width: 304px;
}

.info {
  display: flex;
  align-items: center;
  justify-content: space-between;
  width: 100%;
}

.contact {
  font-size: 14px;
  font-weight: 600;

  text-decoration: none;
  white-space: nowrap;
}

@media (max-width: 768px) {
  .header {
    padding: 16px;
    gap: 12px;
  }

  .top {
```

```
flex-direction: row;
justify-content: space-between;
align-items: center;
width: 100%;
}

.logo {
width: 180px;
}

.info {
flex-direction: column;
align-items: stretch;
width: 100%;
}

.contact {
font-size: 13px;
padding: 6px 12px;
}
}
```

**ДОДАТОК Д. РЕАЛІЗАЦІЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ: SERVER.JS —  
ОСНОВНИЙ ФАЙЛ ЗАПУСКУ БЕКЕНД-ДОДАТКУ НА EXPRESS.JS,  
ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО MONGODB ТА МАРШРУТИЗАЦІЯ ЗАПИТІВ.**

```
import express from "express";
import mongoose from "mongoose";
import cors from "cors";
import dotenv from "dotenv";

import Product from "../models/Product.js";
import Category from "../models/Category.js";

// 📁 Завантаження .env
dotenv.config();

// 🛠 Змінні середовища
const PORT = process.env.PORT || 3001;
const MONGO_URI = process.env.MONGO_URI;

// 📦 Ініціалізація застосунку
const app = express();
app.use(cors());
app.use(express.json());

// 📄 Отримати всі продукти (опційно з фільтрацією за категорією)
app.get("/api/products", async (req, res) => {
  try {
    const { categoryId } = req.query;

    let query = {};
    if (categoryId) {
      query.categoryId = Number(categoryId);
    }

    const products = await Product.find(query);
    res.json(products);
  } catch (err) {
    console.log(err);
    res.status(500).json({ error: "Server error" });
  }
});

// 📄 Отримати продукт за ID
```

```

app.get("/api/products/:id", async (req, res) => {
  const { id } = req.params;

  if (!mongoose.Types.ObjectId.isValid(id)) {
    return res.status(400).json({ error: "Некоректний формат ID" });
  }

  try {
    const product = await Product.findById(id);
    if (!product) {
      return res.status(404).json({ error: "Продукт не знайдено" });
    }
    res.json(product);
  } catch (err) {
    console.log(err);
    res.status(500).json({ error: "Server error" });
  }
});

// 📦 Отримати всі категорії
app.get("/api/categories", async (req, res) => {
  try {
    const categories = await Category.find();
    res.json(categories);
  } catch (err) {
    console.log(err);
    res.status(500).json({ error: "Server error" });
  }
});

// 🌱 Підключення до бази даних та запуск сервера
mongoose
  .connect(MONGO_URI, {
    useNewUrlParser: true,
    useUnifiedTopology: true,
  })
  .then(() => {
    console.log("✅ MongoDB connected!");
    app.listen(PORT, () =>
      console.log(`🚀 Server listening on http://localhost:${PORT}`)
    );
  })
  .catch((err) => console.log("❌ MongoDB connection error:", err));

```

## ДОДАТОК Е. ФОРМАТ JSON-ОБ'ЄКТІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У REST АРІ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПРО СУВЕНІРИ

```
[{
  "_id": {
    "$oid": "6833a738d6a4b4f13b433893"
  },
  "id": "1",
  "name": "Ляльки-мотанки",
  "image": "https://i.postimg.cc/mZV1YfMp/photo-11-2025-05-17-14-59-39.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "6833a738d6a4b4f13b433894"
  },
  "id": "2",
  "name": "Магніти",
  "image": "https://i.postimg.cc/mr60kN0k/photo-1-2025-05-17-15-00-44.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "6833a738d6a4b4f13b433895"
  },
  "id": "3",
  "name": "Кераміка",
  "image": "https://i.postimg.cc/q7bMt0W2/photo-2025-05-16-18-08-10.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "6833a738d6a4b4f13b433896"
  },
  "id": "4",
  "name": "Косівська кераміка",
  "image": "https://i.postimg.cc/wTnNPCHc/photo-6-2025-05-16-18-13-47.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "6833a738d6a4b4f13b433897"
  }
}
```

```
  },
  "id": "5",
  "name": "Сувенірні фігурки",
  "image": "https://i.postimg.cc/g0NbMDDp/photo-4-2025-05-17-16-01-26.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "683623e05d5dce98f1967d6e"
  },
  "id": "6",
  "name": "Картини",
  "image": "https://i.postimg.cc/5NMnDHmt/photo-2-2025-05-17-15-33-37.jpg"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "684175423e43ba9abf2fad43"
  },
  "id": "7",
  "name": "Українське традиційне писанкарство"
},
{
  "_id": {
    "$oid": "684175f13e43ba9abf2fad44"
  },
  "id": "8",
  "name": "Прикраси"
}]
```