

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ  
Циклова комісія (кафедра) комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему  
**АРХІТЕКТУРНІ ПРИНЦИПИ ТА ПОБУДОВА ПЛАТФОРМИ ДЛЯ  
ІНТЕРНЕТ-АУКЦІОНІВ**

Виконав: студент групи 2П-21

Спеціальності

121 Інженерія програмного забезпечення

Ілля ВАКУЛЕНКО

Керівник:

Станіслав МАРЧЕНКО

Черкаси 2025

# ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ

Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Освітня програма Інженерія програмного забезпечення

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КІ та ІТ

Владислав ХОТУНОВ

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вакуленку Іллі Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема випускної роботи Архітектурні принципи та побудова платформи для Інтернет-аукціонів

Керівник роботи Марченко Станіслав Віталійович, спеціаліст I категорії

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» жовтня 2024 року № 68у.

2. Строк подання студентом випускної роботи 03.06.2025

3. Вихідні дані до випускної роботи універсальна мова моделювання (UML), інструмент побудови UML-діаграм PlantUML.

4. Зміст випускної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) особливості побудови вебплатформ для онлайн-аукціонів (основні поняття та терміни в контексті онлайн-аукціонів, бізнес-процеси функціонування онлайн-аукціонів, постановка задачі на розробку), порівняльний аналіз наявних програмних рішень (аналіз існуючих платформ, уточнення функціональних вимог, визначення уточнених нефункціональних вимог, метрики забезпечення вимог для онлайн-аукціонних платформ), архітектурний аналіз та проєктування програмного забезпечення (беклог архітектурних рішень, порівняння архітектурних підходів, проєктування власної архітектури)

5. Дата видачі завдання 15.09.2024р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання з підписами керівника і студента
1	Вступ	14.10.2024	
2	Розділ 1. Особливості побудови вебплатформ для онлайн-аукціонів	09.12.2024	
3	Розділ 2. Порівняльний аналіз наявних програмних рішень	10.03.2025	
4	Розділ 3. Архітектурний аналіз та проектування програмного забезпечення	28.04.2025	
5	Висновки	12.05.2025	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	26.05.2025	
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	02.06.2025	
8	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	10.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ілля ВАКУЛЕНКО

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Станіслав МАРЧЕНКО

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню архітектурних принципів та розробці рекомендацій для створення платформи онлайн-аукціонів. У роботі проаналізовано ключові аспекти функціонування систем онлайн-аукціонів, включаючи основні поняття (лот, ставка, типи аукціонів), бізнес-процеси (життєвий цикл лоту, реєстрація, оплата) та бізнес-моделі (B2C, B2B, C2C). Проведено порівняльний аналіз провідних платформ, таких як eBay, Prozorro.Sale, Catawiki та Copart, з метою виявлення їхніх сильних і слабких сторін. На основі аналізу сформульовано функціональні (реєстрація, створення лотів, система ставок, сповіщення, обробка платежів) та нефункціональні вимоги (масштабованість, безпека, продуктивність, зручність використання) до платформи. Запропоновано мікросервісну архітектуру з використанням сучасних технологій (Java з Spring Boot, PostgreSQL, Docker, WebSocket) для забезпечення масштабованості, реального часу та безпеки. Особливу увагу приділено відповідності українському законодавству, зокрема законам про електронну комерцію та захист персональних даних. Результати роботи включають рекомендації щодо проектування ефективних платформ онлайн-аукціонів, які враховують сучасні ринкові вимоги та технічні стандарти, забезпечуючи конкурентоспроможність системи.

Ключові слова: ОНЛАЙН-АУКЦІОНИ, МІКРОСЕРВІСНА АРХІТЕКТУРА, ЕЛЕКТРОННА КОМЕРЦІЯ, МАСШТАБОВАНІСТЬ, БЕЗПЕКА, КОРИСТУВАЦЬКИЙ ДОСВІД, WEBSOCKET, SPRING BOOT, POSTGRES SQL, DOCKER.

## **ABSTRACT**

The qualification thesis is dedicated to the study of architectural principles and the development of recommendations for creating an online auction platform. The work analyzes key aspects of online auction systems, including fundamental concepts (lot, bid, auction types), business processes (lot lifecycle, registration, payment), and business models (B2C, B2B, C2C). A comparative analysis of leading platforms such as eBay, Prozorro.Sale, Catawiki, and Copart was conducted to identify their strengths and weaknesses. Based on the analysis, functional requirements (registration, lot creation, bidding system, notifications, payment processing) and non-functional requirements (scalability, security, performance, usability) for the platform were formulated. A microservices architecture was proposed, utilizing modern technologies (Java with Spring Boot, PostgreSQL, Docker, WebSocket) to ensure scalability, real-time functionality, and security. Special attention was given to compliance with Ukrainian legislation, particularly laws on e-commerce and personal data protection. The results of the study include recommendations for designing effective online auction platforms that meet contemporary market demands and technical standards, ensuring the system's competitiveness.

**Keywords:** ONLINE AUCTIONS, MICROSERVICES ARCHITECTURE, E-COMMERCE, SCALABILITY, SECURITY, USER EXPERIENCE, WEBSOCKET, SPRING BOOT, POSTGRESQL, DOCKER.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IT	Інформаційні технології
БД	База даних
API	Інтерфейс програмування додатків
UX	Користувацький досвід
UI	Інтерфейс користувача
SSL	Протокол захищених сокетів
PCI DSS	Стандарт безпеки даних платіжних карток
JWT	JSON веб-токен
AWS	Амазон Веб Сервіси
ELB	Еластичний балансувальник навантаження
EC2	Еластичний обчислювальний хмарний сервіс
HTTP	Протокол передачі гіпертексту
REST	Передача репрезентативного стану
ACID	Атомарність, узгодженість, ізолюваність, довговічність
ERP	Планування ресурсів підприємства
ПДВ	Податок на додану вартість
ПІН	Ідентифікаційний податковий номер
ЄДР	Єдиний державний реєстр
GDPR	Загальний регламент захисту даних
2FA	Двофакторна аутентифікація
NFT	Незамінний токен
URL	Уніфікований локатор ресурсів
B2C	Бізнес для споживача
B2B	Бізнес для бізнесу
C2C	Споживач для споживача
G2C	Уряд для споживача

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ВЕБПЛАТФОРМ ДЛЯ ОНЛАЙН-АУКЦІОНІВ.....	5
1.1 Основні поняття та терміни в контексті онлайн-аукціонів .....	5
1.2 Бізнес-процеси функціонування онлайн-аукціонів .....	7
1.3 Постановка задачі на розробку .....	14
Висновки до першого розділу .....	18
РОЗДІЛ 2 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАЯВНИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.	20
2.1 Аналіз існуючих платформ .....	20
2.2 Уточнення функціональних вимог .....	22
2.3 Визначення уточнених нефункціональних вимог .....	24
2.4. Метрики забезпечення вимог для онлайн-аукціонних платформ.....	29
Висновки до другого розділу .....	33
РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	35
3.1 Беклог архітектурних рішень.....	35
3.2 Порівняння архітектурних підходів .....	38
3.3 Проєктування власної архітектури.....	43
Висновки до третього розділу.....	48
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

## ВСТУП

Онлайн-аукціони в сучасному світі є важливою складовою електронної комерції, що забезпечує зручний і доступний спосіб купівлі та продажу товарів через Інтернет. Їхня популярність стрімко зростає завдяки глобальному охопленню, можливості укладання вигідних угод та широкому спектру товарів, від антикваріату до цифрових активів. Порівняно з традиційними аукціонами, онлайн-платформи усувають географічні бар'єри, дозволяючи учасникам з усього світу брати участь у торгах. Проте створення ефективних систем онлайн-аукціонів є складним завданням, яке потребує врахування таких аспектів, як безпека транзакцій, масштабованість, конкурентність і зручність для користувачів. Аналіз існуючих платформ, таких як eBay, Prozorro.Sale чи Catawiki, показує, що кожна з них застосовує різні архітектурні підходи, які мають свої сильні та слабкі сторони залежно від цільової аудиторії та специфіки ринку. У зв'язку з цим дослідження архітектурних рішень та розробка рекомендацій щодо найкращих практик для проектування таких систем є актуальним завданням для розвитку ІТ-галузі та вдосконалення електронної комерції.

Об'єктом дослідження виступають системи онлайн-аукціонів, що охоплює організацію торгів, обробку даних і взаємодію з користувачами в цифровому середовищі.

Предметом дослідження є архітектурні підходи та найкращі практики, що застосовуються для створення ефективних систем онлайн-аукціонів, як складова частина загального процесу їх проектування та експлуатації.

Метою дослідження є аналіз існуючих архітектурних підходів до створення систем онлайн-аукціонів та розробка рекомендацій для проектування ефективних платформ, які відповідають сучасним вимогам безпеки, масштабованості та зручності використання.

Виходячи з поставленої мети, було визначено такі завдання дослідження:

1. Ознайомитись з наявними архітектурними підходами до побудови онлайн-аукціонів на основі аналізу популярних платформ, їхніх технологічних рішень і функціональних можливостей.

2. Провести порівняльний аналіз сильних і слабких сторін наявних систем онлайн-аукціонів для виявлення ключових переваг і недоліків.

3. Сформулювати вимоги до архітектури ефективних систем онлайн-аукціонів на основі отриманих даних і потреб користувачів.

4. Розробити рекомендації щодо проектування таких систем, враховуючи найкращі практики та сучасні тенденції в електронній комерції.

До методів дослідження в межах кваліфікаційної роботи включено аналіз наукової літератури та документації для вивчення теоретичних основ і сучасних підходів до створення онлайн-аукціонів; порівняльний аналіз існуючих платформ для оцінки їхньої функціональності, архітектури та ефективності; системний аналіз для узагальнення даних, виявлення закономірностей і формування вимог до систем; узагальнення отриманих результатів для розробки практичних рекомендацій щодо проектування ефективних платформ онлайн-аукціонів.

# РОЗДІЛ 1

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ВЕБПЛАТФОРМ ДЛЯ ОНЛАЙН-АУКЦІОНІВ

### 1.1 Основні поняття та терміни в контексті онлайн-аукціонів

Онлайн-аукціони є сучасною формою торгів, що проводяться через мережу Інтернет, дозволяючи учасникам з усього світу брати участь у процесі купівлі-продажу товарів і послуг. Для ефективного аналізу архітектури таких систем необхідно чітко розуміти ключові терміни, які формують основу функціонування онлайн-аукціонів. У цьому пункті розглянуто основні поняття: онлайн-аукціон, ставка, лот, типи аукціонів і користувачі.

На відміну від традиційних аукціонів, онлайн-аукціони надають більшу доступність і зручність, оскільки усувають потребу в фізичній присутності. Згідно з Investopedia [6], аукціон – це подія, де покупці конкурують, роблячи ставки, а найвища ставка зазвичай перемагає. У контексті онлайн-аукціонів найпоширенішим форматом є англійський аукціон, де ціна поступово зростає до моменту, коли залишається один переможець. Онлайн-аукціони можуть охоплювати широкий спектр товарів, від споживчих товарів до нерухомості, і часто включають функції, такі як автоматичне розміщення ставок або опція «купити зараз».

Ставка – це фінансова пропозиція, яку учасник аукціону робить для придбання лота за певною ціною. Учасники розміщують ставки через вебплатформу, а система автоматично відстежує найвищу ставку. Переможцем аукціону стає той, хто запропонував найвищу ставку до завершення торгів. Як зазначається в Invaluable [40], ставки є юридично зобов'язуючими, і учасники повинні попередньо зареєструватися на платформі. У деяких випадках платформи дозволяють встановлювати максимальну ставку, яку система автоматично підвищує в межах конкуренції.

Лот – це одиниця продажу на аукціоні, яка може складатися з одного товару або групи товарів, що продаються як єдиний об’єкт. Кожен лот має унікальний ідентифікатор і супроводжується детальним описом, включаючи зображення, характеристики та, за потреби, історію походження. Згідно з Invaluable [40], лот може бути як окремим предметом, так і групою предметів, які продаються разом. Наприклад, на аукціоні мистецтва лотом може бути картина, а на промисловому аукціоні – набір обладнання.

Онлайн-аукціони можуть проводитися в різних форматах, кожен із яких має свої правила торгів. Основні типи аукціонів, які часто використовуються в онлайн-середовищі, включають:

- англійський аукціон – найпоширеніший тип, де учасники відкрито підвищують ставки, і перемагає найвища пропозиція; цей формат популярний на платформах, таких як eBay;

- голландський аукціон – ціна починається з високого рівня і знижується, поки учасник не прийме поточну ціну; використовується, наприклад, для швидкого продажу товарів.

- аукціон із закритими ставками – учасники подають свої ставки таємно, і перемагає найвища ставка; цей тип менш поширений в онлайн-аукціонах, але використовується в специфічних випадках, таких як тендери.

Як зазначається в Clarity Ventures [5], різні типи аукціонів підходять для різних бізнес-сценаріїв, що впливає на вибір формату платформою.

Користувачі онлайн-аукціонів – це особи, які взаємодіють із вебплатформою. Вони поділяються на такі категорії: покупці (учасники, які роблять ставки на лоти з метою їх придбання); продавці (особи або організації, які виставляють лоти на продаж); адміністратори (керують платформою, вирішують спори, забезпечують безпеку та належне функціонування системи). Деякі платформи можуть мати додаткові ролі, такі як модератори або служба підтримки, які сприяють ефективній роботі аукціону.

## 1.2 Бізнес-процеси функціонування онлайн-аукціонів

Онлайн-аукціони є складними системами, що поєднують технологічні та бізнес-процеси для забезпечення ефективної торгівлі в цифровому середовищі. Ці процеси охоплюють життєвий цикл лоту, реєстрацію користувачів, алгоритми торгів, оплату та різні бізнес-моделі, такі як B2C (бізнес для споживача), B2B (бізнес для бізнесу) та C2C (споживач для споживача).

Нижче наведено детальний аналіз кожного аспекту, доповнений прикладами, технічними деталями та сучасними тенденціями, що відображають функціонування провідних аукціонних платформ, таких як eBay та Sotheby's.

Життєвий цикл лоту охоплює кілька етапів, що забезпечують повний процес від виставлення на продаж до завершення угоди. Ці етапи є ключовими для функціонування платформи та включають:

Створення лістингу. Продавець створює опис лоту, додаючи детальну інформацію, таку як назва, характеристики, зображення, початкова ціна, тривалість аукціону та умови доставки. Наприклад, на платформі eBay [37] продавці можуть вибирати між аукціонним форматом і фіксованою ціною ("Buy It Now"), а також встановлювати резервну ціну для захисту від низьких ставок. Лістинг має бути привабливим і точним, включаючи високоякісні зображення (роздільна здатність не менше 1600 пікселів за шириною, як рекомендує eBay), відео чи 360-градусні огляди для підвищення довіри покупців. Платформи також пропонують інструменти для оптимізації лістингу, такі як автоматична категоризація, додавання тегів або платні опції, як-от «виділені лістинги» (featured listings), що підвищують видимість на 30-50% за даними eBay Seller Hub. Продавці можуть вказувати деталі доставки, включаючи міжнародні опції, та налаштовувати політику повернення (наприклад, 30-денне повернення з оплатою доставки покупцем). Для унікальних товарів, таких як предмети мистецтва на Sotheby's, лістинг може включати сертифікати автентичності, історію походження (provenance) та експертні оцінки, що підвищує цінність лота.

1. Перевірка лістингу. Перед публікацією платформа перевіряє лістинг на відповідність правилам, щоб запобігти продажу заборонених товарів (наприклад, контрафактної продукції чи небезпечних матеріалів). На eBay цей процес частково автоматизований за допомогою алгоритмів машинного навчання, які сканують текст і зображення, але може включати ручну модерацію для високовартісних лотів. Наприклад, лістинги з підозрілими ключовими словами (наприклад, «копія бренду») можуть бути відхилені. Цей етап забезпечує якість контенту та захищає репутацію платформи.

Торги. Після публікації лоту починається період торгів, під час якого зареєстровані користувачі роблять ставки. У найпоширенішому англійському аукціоні ціна зростає з кожною новою ставкою, причому мінімальний крок ставки (bid increment) залежить від поточної ціни (наприклад, \$0.50 для лотів вартістю до \$25 на eBay [16]). Платформи, на зразок eBay, використовують систему автоматичних ставок (proxy bidding), де покупець вказує максимальну суму, а система підвищує ставку від його імені до цього ліміту. Наприклад, якщо користувач встановив максимальну ставку \$100, а поточна ставка становить \$50, система автоматично підвищить до \$51 за наявності конкуренції. Популярною стратегією є «снайпінг» – розміщення ставки в останні секунди аукціону, що зменшує шанси конкурентів відповісти. Для боротьби з цим деякі платформи, як-от Sotheby's, використовують «м'яке закриття» (soft close), подовжуючи аукціон на 2-5 хвилин у разі пізніх ставок. Платформи також захищають від шахрайства, такого як bid shilling (штучне завищення ціни продавцем), за допомогою алгоритмів, що аналізують поведінку користувачів.

2. Запити покупців. Під час торгів потенційні покупці можуть ставити запитання продавцю через вбудовану систему повідомлень. Наприклад, на eBay покупці можуть уточнити стан товару, деталі доставки чи наявність сертифікатів. Продавці зобов'язані відповідати протягом 24 годин, щоб підтримувати високий рейтинг. Цей етап сприяє прозорості та довірі, зменшуючи ймовірність спорів після покупки.

3. Завершення аукціону. Аукціон завершується в заздалегідь визначений час, і переможцем стає учасник із найвищою ставкою, якщо досягнуто резервну ціну. Якщо резерв не досягнуто, продавець може перезапустити аукціон або запропонувати лот найвищому учаснику через функцію «Second Chance Offer» на eBay. У разі однакових ставок переможцем стає той, хто розмістив ставку раніше. Платформи автоматично надсилають сповіщення переможцю та продавцю з інструкціями щодо оплати. Для уникнення снайпінгу деякі платформи застосовують м'яке закриття, тоді як eBay зазвичай використовує «жорстке закриття» (hard close), завершуючи аукціон точно в зазначений час.

4. Оплата. Після завершення аукціону переможець здійснює оплату через інтегровану платіжну систему платформи. Наприклад, eBay [28] пропонує оплату через кредитні/дебетові картки, PayPal [29] або банківські перекази. Платформа утримує комісію та переказує кошти продавцю після підтвердження транзакції. Для дорогих лотів може використовуватися ескроу-сервіс, де кошти утримуються третьою стороною до підтвердження доставки. Платформи забезпечують безпеку транзакцій через шифрування (стандарт PCI DSS) і моніторинг підозрілих операцій. У міжнародних транзакціях платформи обробляють конвертацію валют, застосовуючи ринкові курси та додаткові комісії (наприклад, 1-3% на eBay).

5. Доставка. Продавець організовує доставку лоту покупцю або, у разі великих чи специфічних товарів, пропонує самовивіз. Платформи, такі як eBay, надають інструменти для створення транспортних етикеток і відстеження доставки, інтегруючись із поштовими службами, такими як Нова Пошта в Україні чи DHL для міжнародних відправлень. Наприклад, eBay пропонує Global Shipping Program, де платформа координує міжнародну доставку, включаючи митні збори. Для цінних лотів продавці можуть додавати страховку або вимагати підпис при отриманні. Покупці отримують трекінг-номер для відстеження в реальному часі.

6. Зворотний зв'язок. Після завершення угоди покупець і продавець можуть залишити відгуки один про одного. На eBay система відгуків включає оцінки від 1 до 5 зірок за такими критеріями, як точність опису, швидкість доставки та комунікація. Позитивні відгуки підвищують рейтинг користувача, тоді як негативні можуть обмежити його активність. Платформи дозволяють оскаржувати несправедливі відгуки через службу підтримки. Ця система сприяє довірі в спільноті та допомагає виявляти ненадійних учасників.

7. Управління непроданими лотами. Якщо лот не продано через відсутність ставок або недосягнення резервної ціни, платформа пропонує опції для перезапуску аукціону, зниження початкової ціни або переходу до фіксованої ціни. Наприклад, eBay дозволяє автоматично перезапускати лістинг до 10 разів без додаткових комісій. Продавці також можуть аналізувати статистику переглядів і ставок через інструменти аналітики, щоб оптимізувати лістинг.

8. Післяпродажне обслуговування. Деякі платформи надають додаткові послуги, такі як гарантії, повернення чи підтримка клієнтів у разі проблем із товаром. Наприклад, eBay пропонує Money Back Guarantee, що забезпечує повернення коштів покупцю, якщо товар не відповідає опису. Продавці можуть встановлювати власні політики повернення, наприклад, 14-денне повернення за рахунок покупця.

Ще одним аспектом є реєстрація. Вона виступає обов'язковою умовою для участі в онлайн-аукціонах як покупця чи продавця. Процес реєстрації зазвичай включає низку кроків:

1. Створення облікового запису. Користувач вводить особисті дані, такі як ім'я, email, номер телефону, і створює логін із паролем. Платформи, як-от eBay, дозволяють використовувати логін через соціальні мережі (Google, Facebook), що спрощує доступ. Паролі повинні відповідати вимогам безпеки (не менше 8 символів, включаючи літери, цифри та спеціальні знаки).

2. Підтвердження особи. Для активації облікового запису користувач підтверджує email через посилання або код, надісланий платформою. Деякі

платформи, як-от Amazon, додатково вимагають верифікацію номера телефону через SMS.

3. Двофакторна аутентифікація (2FA). Для підвищення безпеки платформи пропонують 2FA, яка вимагає додаткового підтвердження через SMS, email або додатки, як-от Google Authenticator. Наприклад, eBay рекомендує 2FA для всіх продавців, щоб захистити обліковий запис від несанкціонованого доступу.

4. Верифікація продавців. Продавці проходять додаткову перевірку, надаючи банківські реквізити, ідентифікаційні документи (паспорт, ПН) або інформацію про бізнес. На eBay бізнес-акаунти вимагають підтвердження юридичної особи через виписку з ЄДР. Цей процес зменшує ризик шахрайства та підвищує довіру покупців.

5. Налаштування профілю. Користувачі можуть додавати адреси доставки, платіжні методи (картки, PayPal, LiqPay), налаштовувати сповіщення (email, SMS, push-повідомлення) та завантажувати аватар. Деякі платформи дозволяють створювати публічний профіль із відображенням рейтингу та історії транзакцій.

6. Прийняття умов. Користувачі погоджуються з умовами користування, політикою конфіденційності та правилами платформи, які регулюють права та обов'язки сторін. Наприклад, eBay вимагає згоди на обробку персональних даних відповідно до GDPR для європейських користувачів.

Алгоритм торгів залежить від типу аукціону, який використовується на платформі. Кожен тип має унікальні правила та технічні вимоги:

1. Англійський аукціон. Найпоширеніший формат, де учасники відкрито підвищують ставки, і перемагає найвища пропозиція. Система обробляє ставки в реальному часі, оновлюючи поточну ціну та повідомляючи учасників про перевищення їхньої ставки. Наприклад, eBay використовує WebSocket для миттєвого оновлення даних.

2. Голландський аукціон. Ціна починається з високого рівня і знижується через задані інтервали (наприклад, кожні 10 секунд), поки учасник

не прийме поточну ціну. Цей формат популярний для швидкого продажу однотипних товарів, як-от квіти на FloraHolland. Технічно система вимагає точного таймера та автоматичного оновлення ціни.

3. Аукціон із закритими ставками. Учасники подають ставки таємно, і перемагає найвища пропозиція. Цей формат використовується в тендерах, наприклад, на платформі ProZorro. Система зберігає ставки в зашифрованому вигляді до завершення торгів, що вимагає високого рівня безпеки.

4. Аукціон Вікрі. Учасники подають закриті ставки, але переможець сплачує другу за величиною ставку. Цей формат стимулює чесні пропозиції, але рідко використовується в онлайн-аукціонах через складність реалізації.

5. Реверсивний аукціон. Поширений у B2B, де покупець оголошує тендер, а продавці змагаються, пропонуючи найнижчу ціну. Наприклад, платформа SAP Ariba використовує цей формат для корпоративних закупівель. Система підтримує складні функції, як-от оцінка пропозицій за кількома критеріями (ціна, якість, терміни).

6. Гібридні моделі. Деякі платформи комбінують формати, наприклад, дозволяючи перемикатися між аукціоном і фіксованою ціною. На eBay продавці можуть додати опцію «Best Offer», де покупець пропонує ціну, яку продавець може прийняти або відхилити.

Технічна реалізація торгів включає обробку ставок у реальному часі, управління чергою, захист від збоїв і шахрайства (наприклад, bid shielding, коли продавець і підставний учасник штучно підвищують ціну). Платформи використовують розподілені бази даних (наприклад, MongoDB) і кешування (Redis) для забезпечення швидкості та надійності.

Оплата в онлайн-аукціонах здійснюється через інтегровані платіжні системи, які забезпечують безпеку та зручність.

1. Методи оплати. Покупці можуть використовувати різні методи оплати, такі як кредитні та дебетові картки, PayPal, банківські перекази, локальні системи (LiqPay, Privat24, Portmone в Україні) або навіть криптовалюти на деяких платформах, як-от OpenSea для NFT-аукціонів.

2. Платіжні шлюзи. Платформи інтегруються з шлюзами, такими як Stripe, PayPal або LiqPay, які відповідають стандартам PCI DSS. Наприклад, LiqPay підтримує QR-коди для швидких платежів, що популярно в Україні.

3. Ескроу-сервіси (escrow). Для дорогих лотів використовуються ескроу-сервіси, де кошти утримуються до підтвердження доставки. Наприклад, Escrow.com інтегрується з eBay для великих транзакцій.

4. Комісії. Платформи стягують комісії за продаж (5-15%), обробку платежів (2-3%) або лістинг (\$0.35-\$2 на eBay). Для мистецтва Sotheby's може брати до 25% від вартості лота.

5. Конвертація валют. У міжнародних транзакціях платформи обробляють конвертацію, застосовуючи ринкові курси та комісії (1-3%). Наприклад, PayPal додає 4% за конвертацію валют.

6. Податкове регулювання. Платформи можуть автоматично нараховувати ПДВ або інші податки залежно від регіону. В Україні, відповідно до Закону "Про електронну комерцію", продавці зобов'язані декларувати доходи від продажів.

7. Повернення коштів. У разі спорів платформи пропонують механізми повернення, наприклад, eBay Money Back Guarantee, що покриває випадки, коли товар не доставлено або не відповідає опису. Онлайн-аукціони підтримують кілька бізнес-моделей, кожна з яких має свої особливості. У випадку B2C (бізнес для споживача) підприємства продають товари кінцевим споживачам. Ця модель характерна для платформ, таких як eBay, де компанії пропонують товари широкій аудиторії. B2C-аукціони зосереджені на індивідуальних покупках, зручному інтерфейсі та швидких транзакціях.

Онлайн-аукціони підтримують кілька бізнес-моделей, кожна з яких має свої особливості:

1. B2C (бізнес для споживача) Підприємства продають товари кінцевим споживачам через платформи, як-от eBay. Ця модель зосереджена на зручному інтерфейсі, швидких транзакціях і широкому асортименті. Наприклад, великі

ритейлери, як-от Best Buy, використовують eBay для продажу надлишкових запасів.

2. B2B (бізнес для бізнесу) Підприємства продають товари чи послуги іншим підприємствам, часто для оптових закупівель. Платформи, як-от Liquidation.com, спеціалізуються на продажу надлишкового обладнання чи сировини. B2B-аукціони підтримують функції, як-от верифікація бізнесу, мінімальні ставки, інтеграція з ERP-системами та логістичні рішення.

3. C2C (споживач для споживача) Фізичні особи продають товари іншим особам, наприклад, вживані речі чи колекційні предмети на eBay. Ця модель залежить від репутаційних систем і простоти інтерфейсу.

4. G2C (уряд для споживача) Урядові установи продають надлишкове майно чи конфісковані активи через платформи, як-от GSA Auctions у США чи ProZorro.Sale в Україні. Ця модель забезпечує прозорість і доступність.

5. Моделі монетизації. Платформи отримують дохід через: комісії за лістинг і продаж, платні функції (виділені лістинги, аналітика), рекламу (банери, спонсоровані лістинги), підписки (наприклад, eBay Store із знижками на комісії).

Кожна модель вимагає специфічних функцій платформи. Наприклад, B2B-аукціони потребують підтримки великих обсягів, тоді як B2C і C2C зосереджені на простоті та доступності. Підсумкове порівняння наведено в таблиці 1.1.

### **1.3 Постановка задачі на розробку**

Відповідно до поставленої мети дослідження, цільовим результатом є архітектурний репозиторій вебплатформи для проведення онлайн-аукціонів, яка дозволить користувачам створювати аукціони, розміщувати ставки, купувати товари та керувати процесом торгів. Платформа має бути масштабованою, безпечною, зручною для користувачів і відповідати вимогам українського законодавства. Вона повинна підтримувати реальний час для ставок, інтегруватися з локальними платіжними системами та забезпечувати захист даних користувачів від несанкціонованого доступу.

Таблиця 1.1 – Таблиця бізнес-процесів

Процес	Опис	Особливості
Життєвий цикл лоту	Від створення лістингу до доставки та зворотного зв'язку.	Включає створення, торги, оплату, доставку, оцінку.
Реєстрація користувачів	Створення облікового запису з верифікацією.	Забезпечує безпеку та довіру; для продавців потрібна додаткова верифікація.
Алгоритм торгів	Залежить від типу аукціону (англійський, голландський тощо).	Англійський аукціон найпоширеніший; автоматичні ставки спрощують процес.
Оплата	Через інтегровані платіжні системи з утриманням комісій.	Підтримка різних методів оплати; безпека через шифрування.
Бізнес-моделі	B2C, B2B, C2C з різними вимогами до функціоналу.	B2B потребує складніших функцій, B2C і C2C – простоти та доступності.

У цьому підрозділі детально формулюється задача розробки, уточнюються функціональні та нефункціональні вимоги, описуються технічні обмеження та окреслюються ключові аспекти, які необхідно врахувати для створення ефективної системи онлайн-аукціонів, що відповідає сучасним ринковим і технічним стандартам. Попередні функціональні вимоги для платформи систематизовано в таблиці 1.2. Платформа також може відповідати нефункціональним характеристикам, наведеним у таблиці 1.3.

У межах кваліфікаційної роботи передбачені побудова архітектури та більш докладне проектування системи, яка забезпечить ефективну взаємодію між продавцями, покупцями та адміністраторами, підтримуючи широкий спектр аукціонних форматів (англійський, голландський, закриті ставки) і бізнес-моделей (B2C, B2B, C2C). Платформа має бути здатною обробляти пікові навантаження, особливо в останні 10% часу аукціону, коли активність ставок зростає до 70% від загального обсягу, як зазначається у дослідженні [18]. Крім того, система повинна забезпечувати інтуїтивний користувацький досвід, що включає адаптивний інтерфейс для мобільних пристроїв, підтримку української мови та швидкий доступ до функціоналу через веб і мобільні додатки.

Таблиця 1.2 – Попередні функціональні вимоги

Функція	Опис
Реєстрація та аутентифікація	Користувачі можуть створювати облікові записи та входити в систему за допомогою логіна та пароля.
Профілі користувачів	Відображення історії аукціонів, ставок, виграних лотів і виставлених товарів.
Створення аукціонів	Продавці можуть додавати товари з описом, зображеннями, стартовою ціною та тривалістю аукціону.
Система ставок	Покупці можуть робити ставки вручну або автоматично, з відстеженням найвищої ставки в реальному часі.
Керування аукціонами	Автоматичний початок і завершення аукціонів, визначення переможця, обробка спірних ситуацій.
Платіжна інтеграція	Обробка платежів через українські платіжні системи (наприклад, LiqPay, Privat24).
Пошук і фільтрація	Пошук товарів за ключовими словами, категоріями, ціною чи регіоном.
Сповіщення	Надсилання повідомлень про оновлення ставок, завершення аукціонів чи виграш через email або в додатку.
Відгуки та рейтинги	Користувачі можуть оцінювати один одного для підвищення довіри.

Таблиця 1.3 – Попередні нефункціональні вимоги

Вимога	Опис
Масштабованість	Підтримка до 100 млн зареєстрованих користувачів і 20 млн щоденно активних користувачів, за оцінками Ponnuraj [32].
Продуктивність	Затримка обробки ставок <300 мс для 95% запитів, підтримка 600 одночасних ставок за секунду.
Безпека	Шифрування даних, захист від шахрайства, відповідність Закону України «Про захист персональних даних» [46].
Надійність	Доступність 99.9% для критичних сервісів (реєстрація, ставки, аукціони).
Зручність	Інтуїтивний інтерфейс, підтримка української мови, адаптивність для мобільних пристроїв.
Юридична відповідність	Дотримання Закону України «Про електронну комерцію» [45] щодо електронних договорів і захисту прав споживачів.

Додаткові технічні обмеження описані нижче. Розробка платформи стикається з низкою технічних обмежень, які необхідно врахувати. По-перше, система має витримувати пікові навантаження, особливо в останні 10% часу аукціону, коли кількість ставок може зростати експоненціально. Дослідження показують, що до 70% ставок розміщуються в цей період, що вимагає оптимізації серверної інфраструктури та використання розподілених систем, таких як Kubernetes, для автоматичного масштабування [18]. По-друге, час відгуку для

розміщення ставки не повинен перевищувати 300 мс, що потребує ефективного кешування та використання швидких баз даних, таких як PostgreSQL із репліками для читання [33]. По-третє, надійність на рівні 99.9% доступності вимагає впровадження відмовостійких механізмів, таких як автоматичне переключення на резервні сервери у разі збоїв.

Забезпечення безпеки даних є ще одним викликом, оскільки платформа оброблятиме конфіденційну інформацію, включаючи персональні дані та фінансові транзакції. Відповідно до Закону України «Про захист персональних даних» [46], система має отримувати явну згоду користувачів на обробку даних і забезпечувати їх захист від витоків. Це включає використання шифрування за стандартом AES-256 для зберігання даних і TLS 1.3 для передачі даних, а також впровадження системи моніторингу для виявлення підозрілих активностей. Інтеграція з українськими платіжними системами, такими як LiqPay і Privat24, потребує відповідності стандартам PCI DSS і підтримки локальних особливостей, таких як оплата через QR-коди, що популярно в Україні [28].

Юридичні обмеження також відіграють важливу роль. Платформа повинна відповідати вимогам Закону України «Про електронну комерцію» [45], який регулює укладання електронних договорів і захист прав споживачів. Для цього необхідно впровадити механізми цифрового підпису, які дозволяють юридично підтверджувати угоди, що є особливо важливим для B2B і G2C аукціонів, як це реалізовано на Prozorro.Sale [8]. Крім того, платформа має забезпечувати прозорість торгів, надаючи відкритий доступ до історії ставок і результатів аукціонів, що відповідає принципам публічних закупівель, визначеним у Законі України «Про публічні закупівлі» [48].

Також нижче описана технічна реалізація та інфраструктура. Для реалізації платформи пропонується використовувати мікросервісну архітектуру, яка забезпечує гнучкість і масштабованість. Кожен сервіс, як-от управління користувачами, створення лотів чи обробка ставок, буде ізольованим і матиме власну базу даних, що зменшує ризик збоїв і полегшує масштабування. Наприклад, сервіс ставок може використовувати Redis для кешування даних і

WebSockets для оновлення ставок у реальному часі, як це реалізовано на eBay [3]. API Gateway, побудований на основі Spring Cloud Gateway, забезпечить маршрутизацію запитів і балансування навантаження, що є необхідним для обробки 23 тис. запитів на секунду, як зазначено в оцінках [32].

База даних платформи базуватиметься на PostgreSQL через її надійність і підтримку складних запитів, з використанням реплік для читання та шардування для масштабування при великих обсягах даних (за оцінками, до 726 ТБ для баз даних і 5 ПБ для об'єктного сховища) [32]. Контейнеризація за допомогою Docker і оркестрація через Kubernetes забезпечать легке розгортання та автоматичне масштабування сервісів, що є стандартною практикою для великих систем, таких як eBay<sup>[15]</sup>. Для асинхронної обробки подій, таких як сповіщення чи завершення аукціонів, використовуватиметься брокер повідомлень Apache Kafka, який підтримує високу пропускну здатність і надійність [22].

Моніторинг продуктивності здійснюватиметься за допомогою інструментів Prometheus і Grafana, які дозволяють відстежувати латентність, пропускну здатність і доступність у реальному часі [27]. Наприклад, Prometheus може фіксувати середню затримку обробки ставок, а Grafana створюватиме дашборди для візуалізації метрик, що допоможе адміністраторам швидко реагувати на проблеми. Для тестування продуктивності використовуватимуться інструменти, такі як Apache JMeter, які дозволяють симулювати пікові навантаження та оцінювати час відгуку системи [2].

## **Висновки до першого розділу**

Перший розділ заклав теоретичну основу для розуміння особливостей побудови вебплатформ для онлайн-аукціонів. У підпункті 1.1 було розглянуто ключові терміни, такі як вебплатформа, онлайн-аукціон, ставка, лот, типи аукціонів і користувачі, що є базовими для аналізу архітектури та функціонування таких систем. Підпункт 1.2 детально описав бізнес-процеси онлайн-аукціонів, включаючи життєвий цикл лоту (від створення до доставки),

реєстрацію користувачів, алгоритми торгів (наприклад, англійський і голландський аукціони), оплати та бізнес-моделі (B2C, B2B, C2C), що дало змогу зрозуміти їхню організаційну та технічну складність. У підпункті 1.3 сформульовано задачу розробки вебплатформи, визначено функціональні вимоги (реєстрація, створення аукціонів, система ставок тощо) та нефункціональні вимоги (масштабованість, продуктивність, безпека), а також враховано технічні та юридичні аспекти, зокрема відповідність українському законодавству. Таким чином, цей розділ створив міцну основу для подальшого аналізу існуючих рішень і проектування власної системи онлайн-аукціонів, підкресливши важливість інтеграції бізнес-процесів і технічних вимог.

## РОЗДІЛ 2

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАЯВНИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

#### 2.1 Аналіз існуючих платформ

У цьому пункті розглядаються чотири відомі онлайн-аукціонні платформи: eBay, Prozorro.Sale, Catawiki та Copart. Кожна з них має унікальний фокус, функціональність, користувацький досвід (UX) і технічні характеристики, що відповідають їхнім цільовим ринкам. Порівняння цих платформ дозволяє виявити їхні сильні сторони та особливості, які можуть бути використані при проєктуванні ефективних систем онлайн-аукціонів.

Платформа eBay є однією з найбільших у світі платформ для онлайн-аукціонів і торгівлі, заснованою в 1995 році<sup>[37]</sup>. Вона дозволяє користувачам і бізнесам купувати та продавати широкий спектр товарів, від електроніки до колекційних предметів. Платформа підтримує англійські аукціони, де продавці встановлюють початкову ціну, а покупці змагаються, роблячи ставки. Також доступна опція фіксованої ціни («Buy It Now»). eBay має глобальну аудиторію та інтегрується з платіжними системами, такими як PayPal, забезпечуючи зручність транзакцій.

Prozorro.Sale – це українська цифрова екосистема для прозорого продажу державних і муніципальних активів, запущена в 2016 році [8]. Платформа використовує висхідні аукціони та комбіновані аукціони на основі голландських для продажу нерухомості, землі, ліцензій, конфіскованих активів тощо. Вона є відкритою, з відкритими даними, і працює за публічно-приватною моделлю, забезпечуючи рівний доступ до активів через електронні платформи.

Catawiki – європейська платформа, заснована в 2008 році, що спеціалізується на аукціонах колекційних і особливих предметів, таких як мистецтво, ювелірні вироби, годинники та класичні автомобілі [7]. Щотижневі аукціони проводяться з кураторським відбором, де кожен предмет оцінюється

експертами для забезпечення якості та автентичності. Платформа орієнтована на колекціонерів і має 14 мільйонів відвідувачів щомісяця<sup>[38]</sup>.

Copart – це глобальна платформа для автомобільних аукціонів, що спеціалізується на продажу вживаних, оптових і пошкоджених транспортних засобів<sup>[25]</sup>. Платформа доступна для дилерів і приватних покупців, з функціями пошуку за маркою, моделлю та місцезнаходженням, а також підтримує онлайн-аукціони в реальному часі<sup>[9]</sup>.

Таблиця 2.1 – Порівняння платформ за функціональністю

Платформа	Тип аукціонів	Категорії	Особливості для користувачів	Методи оплати	Функції безпеки
eBay	Англійські аукціони, фіксована ціна	Електроніка, одяг, колекційні предмети, автомобілі	Реєстрація, профілі, відгуки, розширений пошук, сповіщення	PayPal, кредитні картки	Система відгуків, SSL, захист покупців
Prozorro.Sale	Висхідні, комбіновані (голландські)	Нерухомість, земля, ліцензії, конфісковані активи	Прозорість, відкриті дані, електронні платформи	Банківські перекази	Відкриті дані, відповідність законодавству
Catawiki	Щотижневі онлайн-аукціони	Мистецтво, ювелірні вироби, годинники, класичні автомобілі	Експертна оцінка, кураторський відбір, персоналізовані списки	Кредитні картки, банківські перекази	Експертна перевірка, безпечні платежі
Copart	Онлайн-аукціони транспортних засобів	Автомобілі, вантажівки, мотоцикли	Пошук за маркою/моделлю, список спостереження, історія ТЗ	Банківські перекази, кредитні картки	Історія ТЗ, SSL, аутентифікація

Технічні деталі платформ частково приховані, але доступна інформація дозволяє зробити такі висновки:

– eBay використовує мікросервісну архітектуру з JavaScript, React і Redux для інтерфейсу. AI застосовується для рекомендацій, а масштабованість підтримує мільйони користувачів<sup>[3]</sup>.

– Prozorro.Sale базується на OpenProcurement toolkit з гібридною архітектурою, що включає центральну базу даних і підключені платформи. Це забезпечує рівний доступ і прозорість.

Catawiki, ймовірно, використовує масштабовану вебархітектуру з підтримкою реального часу для аукціонів. Подробиці недоступні, але платформа обробляє 75 000 об'єктів щотижня.

– Copart має масштабовану інфраструктуру для обробки великої кількості аукціонів і користувачів, з підтримкою реального часу та мобільних додатків.

## **2.2 Уточнення функціональних вимог**

Для формування більш удокладнених функціональних вимог для проектування ефективної системи в цьому пункті розглядається, як відповідні функції реалізовані на відомих платформах, таких як eBay, Prozorro.Sale, Catawiki та Copart.

Реєстрація користувачів є першим кроком для участі в онлайн-аукціонах. Ця функція дозволяє створювати облікові записи, які надають доступ до всіх можливостей платформи. Зазвичай користувачі надають електронну пошту, пароль і, за потреби, додаткову інформацію, зокрема, номер телефону чи документи для верифікації. Деякі платформи спрощують процес, дозволяючи реєстрацію через соціальні мережі або єдині системи автентифікації.

На платформі eBay користувачі можуть зареєструватися за допомогою електронної пошти або через облікові записи Google чи Facebook, що спрощує доступ<sup>[16]</sup>. Для продавців може знадобитися додаткова верифікація, наприклад, підтвердження платіжних даних. У той же час, реєстрація в Prozorro.Sale відбувається через підключені електронні платформи, які відповідають вимогам українського законодавства, що забезпечує прозорість і безпеку. Catawiki, в свою чергу, вимагає створення облікового запису з електронною поштою та паролем. Для продавців передбачена додаткова перевірка, щоб гарантувати якість лотів.

Реєстрація в Copart доступна для приватних осіб і дилерів, але для участі в деяких аукціонах потрібна верифікація документів, наприклад, ліцензії дилера<sup>[17]</sup>.

Функція створення лотів дозволяє продавцям виставляти товари чи активи на аукціон. Продавці надають детальний опис, зображення, категорію, стартову ціну, тривалість аукціону та, за потреби, резервну ціну. Деякі платформи мають процес перевірки лотів для забезпечення якості та відповідності стандартам. На eBay продавці можуть створювати лоти, обираючи між англійським аукціоном або фіксованою ціною («Buy It Now»). Вони додають назву, опис, зображення, категорію, стартову ціну та тривалість. Є можливість встановити резервну ціну<sup>[37]</sup>. При використанні Prozorro.Sale лоти створюються державними органами або уповноваженими особами з чітким дотриманням процедур. Опис включає деталі активу, умови продажу та юридичні вимоги. На платформі Catawiki продавці подають предмети на розгляд експертів, які оцінюють їхню автентичність і цінність перед публікацією. Лише схвалені лоти додаються до щотижневих аукціонів. На Copart лоти зазвичай створюються компанією або продавцями через їхню систему. Опис включає детальну інформацію про транспортний засіб, таку як марка, модель, стан і історія.

Система ставок є центральною частиною онлайн-аукціону, дозволяючи покупцям конкурувати за лоти. Платформи підтримують ручні або автоматичні ставки, відстежуючи їх у реальному часі для забезпечення прозорості та коректного визначення переможця. eBay використовує систему проксі-ставок, де користувачі встановлюють максимальну суму, а платформа автоматично підвищує ставку до цієї суми при конкуренції. Система відображає поточну найвищу ставку в реальному часі. Prozorro.Sale проводить висхідні аукціони, де учасники послідовно підвищують ставки, а також комбіновані аукціони з елементами голландського аукціону для специфічних активів. Catawiki пропонує щотижневі аукціони з фіксованим часом завершення. Користувачі роблять ставки онлайн, а система оновлює їх у реальному часі. Copart підтримує живі онлайн-аукціони з миттєвим оновленням ставок. Існує можливість попередніх ставок і переговорів, якщо резервна ціна не досягнута.

Сповіщення інформують користувачів про важливі події, такі як перевищення ставки, наближення завершення аукціону чи виграш. Повідомлення надсилаються через email, push-повідомлення в додатку або через інтерфейс платформи. eBay надсилає email-повідомлення про перевищення ставки, завершення аукціону чи виграш. Користувачі можуть налаштувати сповіщення в додатку. Функціональність Prozorro.Sale передбачає, що сповіщення надсилаються через підключені електронні платформи, інформуючи про статус аукціону чи результати. Catawiki використовує push-повідомлення в мобільному додатку та email для інформування про статус лотів і результати аукціонів. Copart інформує користувачів про статус ставок і результати аукціонів через email або додаток.

Обробка платежів забезпечує оплату виграних лотів і переказ коштів продавцям. Платформи інтегрують різні платіжні системи, такі як кредитні картки, банківські перекази чи електронні гаманці, з можливістю захисту транзакцій. eBay інтегрує PayPal, кредитні картки та інші методи оплати. Платежі можуть оброблятися автоматично після виграшу. Prozorro.Sale, ймовірно, використовує банківські перекази, враховуючи державний характер активів і вимоги законодавства. Catawiki пропонує безпечні платежі через платформу, підтримуючи кредитні картки та банківські перекази. Copart приймає платежі через банківські перекази та кредитні картки з чіткими термінами оплати. Загалом інформацію систематизовано в таблиці 2.2.

### **2.3 Визначення уточнених нефункціональних вимог**

Для аукціонних онлайн-платформ нефункціональні вимоги включають безпеку, продуктивність, масштабність та користувацький досвід (UX). Ці аспекти є критично важливими, оскільки вони забезпечують надійність, ефективність та зручність платформи, що впливає на довіру користувачів, їх утримання та конкурентоспроможність платформи на ринку.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця реалізації функцій

Функція	eBay	Prozorro.Sale	Catawiki	Сopart
Реєстрація	Email, Google/Facebook, верифікація для продавців	Через електронні платформи, відповідність законодавству	Email/пароль, перевірка для продавців	Для осіб/дилерів, додаткова верифікація
Створення лотів	Англійський аукціон/фіксована ціна, опис, фото, резервна ціна	Державними органами, чіткі процедури	Експертна оцінка перед публікацією	Через систему, деталі про транспортний засіб
Ставки	Проксі-ставки, реальний час	Висхідні/комбіновані аукціони	Щотижневі аукціони, онлайн-ставки	Живі аукціони, попередні ставки
Сповіщення	Email, push-повідомлення, налаштування	Через платформи, про статус і результати	Push-повідомлення, email	Email, додаток, про статус і результати
Платежі	PayPal, кредитні картки, автоматична оплата	Банківські перекази	Кредитні картки, банківські перекази, безпека	Банківські перекази, кредитні картки, терміни оплати

Для забезпечення масштабованості та продуктивності пропонується використовувати мікросервісну архітектуру, яка функціонально включає сервіси на основі таких сутностей:

- користувачі: реєстрація, аутентифікація, профілі;
- товари: створення, редагування, видалення лотів;
- ставки: обробка ставок, відстеження в реальному часі;
- аукціони: керування життєвим циклом аукціонів;
- сповіщення: надсилання повідомлень користувачам;
- платежі: інтеграція з платіжними шлюзами;
- пошук: індексація та фільтрація товарів.

Використовувані при цьому технології з урахуванням сучасних тенденцій та цільової спрямованості можуть бути такими:

- фронтенд-частина реалізується за допомогою React.js або Vue.js для створення інтерактивного інтерфейсу;

- бекенд-частина може імплементуватись за допомогою RESTful API на Node.js, Python (Django/Flask) або Java (Spring Boot);

робота в реальному часі потребує налагодження комунікації по WebSocket-протоколу для оновлення ставок;

- у якості брокера подій може застосовуватись Kafka або RabbitMQ для асинхронного обміну даними;

- впровадження баз даних орієнтовано на те, що існуватимуть окремі бази для кожного сервісу, з репліками для читання (наприклад, PostgreSQL);

- контейнеризація програмного забезпечення має здійснюватись типовими засобами, зокрема Docker і Kubernetes, для масштабування;

використання кешу в пам'яті (за допомогою Redis) для зменшення навантаження на бази даних.

Для крупного проєкту оцінка масштабів роботи передбачає такі показники: очікується підтримка до 100 млн зареєстрованих користувачів, 20 млн щоденно активних, 5 млн лотів; загальний обсяг баз даних становитиме ~726 ТБ; об'єктне сховище міститиме ~5 ПБ; пропускна здатність складатиме 23 тис. запитів на секунду.

Безпека є основою довіри користувачів. Без належного захисту даних користувачі можуть уникати платформи через страх шахрайства чи витоку інформації. Крім того, відповідність законодавству, наприклад GDPR, є обов'язковою для міжнародних платформ, що підкреслює важливість безпеки<sup>[20]</sup>. Онлайн-аукціони обробляють конфіденційну інформацію, включаючи особисті дані користувачів та фінансові транзакції, що робить безпеку ключовим пріоритетом. Основні вимоги до безпеки включають кілька позицій. Зі сторони аутентифікації ставок важливими є забезпечення того, що лише зареєстровані користувачі можуть робити ставки, та запобігання підробці чи несанкціонованому доступу. Наприклад, використання групових підписів може підвищити ефективність аутентифікації<sup>[41]</sup>. Ще однією вимогою до безпеки є анонімність, що передбачає захист ідентичності учасників аукціону для забезпечення конфіденційності та запобігання атакам, таким як відкладені атаки.

Групові підписи та розподіл етапів реєстрації та торгів рекомендуються для цього.

Захист від зловмисних ставок потребує запобігання атакам на відмову в обслуговуванні, наприклад, через надмірні ставки зловмисників. Механізми, такі як групові підписи, дозволяють виявляти порушників у разі суперечок.

Важливою умовою є забезпечення платежів, тобто гарантія, що переможці аукціону не можуть відмовитися від своїх ставок, а платежі обробляються безпечно. Цифрові грошові схеми або групові підписи можуть забезпечити невідмовність.

Загалом, передбачається використання публічно перевірюваних протоколів та моделей довіри, таких як двосерверна модель (аукціонер та реєстратор), для зменшення ризику відмови та підвищення надійності. Зведена таблиця 2.3 систематизує попередню інформацію.

Таблиця 2.3 – Вимоги до безпеки

Вимога до безпеки	Опис	Приклад реалізації
Аутентифікація ставок	Перевірка ідентичності учасників	Групові підписи (Privacy and Security)
Анонімність	Захист ідентичності учасників	Розподіл реєстрації та торгів
Захист від зловмисних ставок	Запобігання шахрайським діям	Виявлення через групові підписи
Забезпечення платежів	Гарантія виконання транзакцій	Цифрові грошові схеми
Модель довіри	Зменшення ризику відмови	Двосерверна модель

Низька продуктивність може призвести до втрати користувачів, особливо під час критичних моментів торгів. Наприклад, затримки в оновленні ставок можуть спричинити втрату довіри або пропущені можливості для учасників. Продуктивність впливає на користувацький досвід та здатність платформи обробляти велику кількість транзакцій, особливо під час пікових навантажень, таких як останні хвилини аукціону. У цьому контексті важливою стає швидкість завантаження сторінок. Оптимальний час завантаження становить 1-2 секунди,

оскільки дослідження показують, що затримка в 1 секунду забезпечує на 40% вищий коефіцієнт конверсії порівняно з 29% при 3 секундах<sup>[30]</sup>.

Вимога щодо високопаралельної обробки даних і задач та високої пропускної здатності полягає в тому, що платформа повинна підтримувати одночасну роботу багатьох користувачів, особливо під час інтенсивних періодів торгів. Наприклад, eBay обробляє 26 мільярдів SQL-запитів на день<sup>[15]</sup>.

Вимоги до продуктивності також повинні враховувати потреби оновлення в реальному часі. Для живих аукціонів необхідні миттєві оновлення статусу ставок, що досягається за допомогою технологій на зразок WebSockets, для забезпечення низької затримки.

Використання сучасного технічного стеку, такого як Nginx, MariaDB та PHP 8.4, а також кешування та CDN, може значно покращити продуктивність<sup>[30]</sup>. Вказана інформація систематизована в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вимоги до продуктивності

Вимога до продуктивності	Опис	Технології
Швидкість завантаження	1-2 секунди	Nginx, CDN, кешування
Висока паралельність	Обробка багатьох користувачів	WebSockets, розподілені бази даних
Оновлення в реальному часі	Миттєве відображення ставок	WebSockets

Масштабованість забезпечує здатність платформи підтримувати зростання бізнесу та обробляти пікові навантаження, такі як мільйони одночасних користувачів. Наприклад, eBay обробляє 2 петабайти даних та 5 мільярдів викликів API щомісяця, що вимагає розподіленої архітектури. Масштабованість дозволяє платформі обробляти зростаюче навантаження без погіршення продуктивності. Для онлайн-аукціонів це особливо важливо через сплески трафіку під час популярних аукціонів. Основні практики включають:

- Горизонтальне масштабування. Використання багатьох паралельних серверів замість вертикального масштабування. Наприклад, eBay використовує 15,000 серверів додатків.

- Розділення за функціями. Поділ баз даних за функціями, такими як користувачі, товари чи транзакції, для зменшення навантаження на окремі компоненти.

- Асинхронну обробку. Використання асинхронних потоків для зменшення залежностей між компонентами та покращення доступності.

- Кешування. Зменшення навантаження на бази даних шляхом кешування запитів та використання пошукових індексів у пам'яті.

Користувацький досвід (UX) є ключовим для залучення та утримання користувачів. Покращення UX може значно підвищити залученість користувачів. Поганий UX може призвести до втрати користувачів, особливо якщо навігація складна або процес торгів незрозумілий. Для онлайн-аукціонів UX включає:

- Легка навігація. Користувачі повинні швидко знаходити аукціони та відповідну інформацію, наприклад, через структуровану інформаційну архітектуру.

- Чіткий процес ставок. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для розміщення ставок та перегляду їх статусу.

- Оновлення в реальному часі. Особливо для живих аукціонів, щоб користувачі бачили актуальні ставки без затримок.

- Адаптивність для мобільних пристроїв. Багато користувачів використовують мобільні пристрої, тому платформа повинна бути оптимізована для різних розмірів екранів.

- Безпечну інтеграцію платежів. Користувачі повинні довіряти процесу оплати, що підкріплюється прозорими та безпечними платіжними шлюзами.

#### **2.4. Метрики забезпечення вимог для онлайн-аукціонних платформ**

Аукціонні онлайн-платформи, такі як eBay чи Sotheby's, покладаються на нефункціональні вимоги для забезпечення високої продуктивності, надійності та

зручності для користувачів. Ключові метрики, такі як латентність, час безвідмовної роботи, пропускна здатність і покриття тестами, є основою для оцінки якості системи та її здатності відповідати очікуванням користувачів і бізнесу. Ці метрики дозволяють виявляти слабкі місця, оптимізувати роботу платформи та запобігати збоєм, які можуть призвести до втрати довіри чи фінансових збитків. У цьому розділі детально розглядаються зазначені метрики, їх значення, методи вимірювання, інструменти моніторингу, а також приклади їх застосування на провідних аукціонних платформах.

Латентність визначається як час, необхідний системі для обробки запиту користувача, наприклад, розміщення ставки, оновлення статусу аукціону чи завантаження сторінки лота. Для онлайн-аукціонів низька латентність є критично важливою, оскільки затримки можуть перешкодити учасникам вчасно зробити ставку, особливо в останні хвилини торгів, що часто є вирішальним моментом. Дослідження показують, що затримка навіть на половину секунди може знизити коефіцієнт конверсії на 20% у сфері електронної комерції<sup>[48]</sup>. Для аукціонів це може означати втрату можливості для учасників і зниження довіри до платформи. У контексті живих аукціонів з відеотрансляцією вимоги до латентності ще суворіші. Наприклад, за даними Red5, для таких аукціонів латентність має бути меншою за 500 мілісекунд, щоб забезпечити справедливий торг та уникнути плутанини з лотами<sup>[49]</sup>. Провідні платформи, такі як eBay, встановлюють ще амбітніші цілі. Їхня система пошуку розроблена для обробки до 10 000 запитів на секунду з латентністю 10 мілісекунд<sup>[50]</sup>. Для вимірювання латентності використовуються інструменти тестування продуктивності, такі як Apache JMeter і Locust, які імітують дії користувачів і фіксують час відповіді системи. Цільові значення для аукціонних платформ зазвичай становлять менше 100 мілісекунд для оновлення ставок у реальному часі та 1-2 секунди для завантаження сторінок, що забезпечує плавний користувацький досвід.

Час безвідмовної роботи, або uptime, відображає відсоток часу, протягом якого платформа є доступною для користувачів. Високий рівень доступності, наприклад 99,9% або вище, є необхідним для онлайн-аукціонів, оскільки навіть

короткочасний простій може зупинити торги, спричинивши фінансові втрати та репутаційні ризики. Наприклад, система з 99,9% доступності допускає не більше 8,76 годин простою на рік, тоді як 99,99% зменшує цей час до 52,56 хвилин<sup>[51]</sup>. Для провідних платформ, таких як eBay, забезпечення високого uptime є пріоритетом, і вони прагнуть досягти щонайменше 99,9% доступності, як зазначено в їхніх технічних звітах<sup>[52]</sup>. Моніторинг часу безвідмовної роботи здійснюється за допомогою сервісів, таких як Pingdom і UptimeRobot, які періодично перевіряють доступність платформи. Крім того, Prometheus із модулем Alertmanager дозволяє відстежувати метрики доступності в реальному часі та сповіщати адміністраторів про проблеми. Високий uptime є запорукою довіри користувачів і безперебійної роботи аукціонів. Для досягнення такого рівня надійності платформи використовують розподілені системи, резервне копіювання та автоматичне перемикання на резервні сервери у разі збоїв.

Пропускна здатність характеризує кількість транзакцій, які система може обробити за одиницю часу, наприклад, кількість ставок за секунду. Ця метрика набуває особливого значення під час пікових навантажень, коли тисячі користувачів одночасно беруть участь у популярних аукціонах, наприклад, у фінальні хвилини торгів. Недостатня пропускна здатність може призвести до перевантаження системи, затримок або збоїв, що негативно впливає на користувацький досвід. Для оцінки пропускної здатності застосовуються інструменти навантажувального тестування, такі як Gatling і Apache JMeter, які імітують велику кількість запитів і вимірюють здатність системи їх обробляти. Наприклад, eBay щодня обробляє мільярди SQL-запитів і понад два мільярди переглядів сторінок, що свідчить про високу пропускну здатність їхньої системи<sup>[52]</sup>. Архітектурні рішення, такі як розподілення даних, горизонтальне масштабування та асинхронна обробка, є ключовими для забезпечення такої продуктивності. Наприклад, eBay використовує мікросервісну архітектуру з більш ніж 1000 сервісів, що дозволяє ефективно розподіляти навантаження<sup>[53]</sup>. Ці підходи дають змогу платформам обробляти величезні обсяги транзакцій без втрати продуктивності.

Покриття тестами вимірює, яка частина коду або функціональності системи перевірена тестами. Високе покриття, наприклад 80% або більше, знижує ризик появи дефектів у робочому середовищі, що є критично важливим для аукціонних платформ, де помилки можуть порушити процес торгів або скомпрометувати фінансові дані. Для аналізу покриття використовуються інструменти, такі як JaCoCo для Java або coverage.py для Python, які генерують детальні звіти про протестовані ділянки коду. eBay застосовує структуровані підходи до тестування, зокрема використання тестових аспектів, які забезпечують чіткий огляд покриття тестами та дозволяють відстежувати відповідність тестів специфікаціям<sup>[54]</sup>. Такі методи допомагають командам розробників підтримувати високу якість коду та швидко виявляти потенційні проблеми. Забезпечення високого покриття тестами сприяє надійності системи та зменшує ймовірність непередбачених збоїв під час реальних аукціонів. У контексті eBay, де використовується Java та мікросервісна архітектура, інструменти на кшталт JaCoCo є стандартними для оцінки якості тестування.

Для моніторингу цих метрик у реальному часі сучасні аукціонні платформи використовують інструменти, такі як Prometheus і Grafana. Prometheus, як система моніторингу з відкритим кодом, збирає метрики з різних компонентів системи, включаючи латентність, частоту помилок і використання ресурсів. Grafana інтегрується з Prometheus для створення інформаційних панелей, які візуалізують дані у вигляді графіків і діаграм, дозволяючи адміністраторам швидко виявляти проблеми, наприклад, зростання латентності чи зниження пропускну здатності. Наприклад, інформаційна панель може відображати середню латентність за годину, відсоток доступності за місяць або пропускну здатність у реальному часі, що сприяє оперативному реагуванню на потенційні збої. Такі інструменти є стандартом у галузі та використовуються провідними платформами для забезпечення стабільної роботи.

На завершення, метрики латентності, часу безвідмовної роботи, пропускну здатності та покриття тестами є основою для забезпечення якісної роботи онлайн-аукціонних платформ. Вони дозволяють підтримувати високу

продуктивність, надійність і безпеку, що є критично важливим для збереження довіри користувачів і комерційного успіху. Приклади з провідних платформ, таких як eBay, демонструють, як ці метрики впроваджуються на практиці, використовуючи передові архітектурні рішення та інструменти моніторингу. Застосування таких підходів забезпечує конкурентну перевагу в динамічному середовищі онлайн-аукціонів.

Таблиця 2.5 – Огляд ключових метрик для онлайн-аукціонів

Метрика	Опис	Цільові значення	Інструменти для вимірювання
Латентність	Час обробки запиту користувача, наприклад, розміщення ставки	<100 мс для ставок, <500 мс для живих аукціонів	Apache JMeter, Locust
Час безвідмовної роботи	Відсоток часу доступності платформи	≥99,9% (8,76 годин простою на рік)	Pingdom, UptimeRobot, Prometheus
Пропускна здатність	Кількість транзакцій за одиницю часу, наприклад, ставки за секунду	Мільярди запитів щодня (eBay)	Gatling, Apache JMeter
Покриття тестами	Відсоток коду, охопленого тестами	≥80% для критичних систем	JaCoCo, coverage.py

## Висновки до другого розділу

Другий розділ забезпечив комплексний аналіз існуючих платформ онлайн-аукціонів та сформував основу для розробки власної системи. У підпункті 2.1 було проведено порівняння чотирьох платформ – eBay, Prozorro.Sale, Catawiki та Copart – за їхньою функціональністю, користувацьким досвідом і технічними характеристиками, що дозволило виявити унікальні особливості кожної платформи, такі як гнучкість eBay, прозорість Prozorro.Sale, кураторський підхід Catawiki та спеціалізація Copart на автомобільних аукціонах. Підпункт 2.2 проаналізував ключові функції (реєстрація, створення лотів, система ставок, сповіщення, обробка платежів) на прикладі цих платформ, сформулювавши функціональні вимоги для майбутньої системи. У підпункті 2.3 визначено нефункціональні вимоги, такі як безпека (аутентифікація, захист даних),

продуктивність (швидкість обробки), масштабність (обробка пікових навантажень) і користувацький досвід (легка навігація, адаптивність), підкреслюючи їхню критичність для успіху платформи. Нарешті, підпункт 2.4 розглянув метрики забезпечення вимог – латентність, час безвідмовної роботи, пропускну здатність і покриття – та інструменти моніторингу (Prometheus, Grafana), що необхідні для оцінки ефективності системи. Отже, цей розділ виявив сильні та слабкі сторони існуючих рішень і створив передумови для проєктування власної архітектури, враховуючи найкращі практики.

## РОЗДІЛ 3

# АРХІТЕКТУРНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Беклог архітектурних рішень

Розроблення системи онлайн-аукціону вимагає ретельного вибору архітектурних компонентів, які забезпечують функціональність, масштабування та безпеку. У цьому розділі розглядаються основні складові системи, їхні технології, призначення, особливості, а також пов'язані ризики та залежності. Архітектура спроектована з урахуванням сучасних вимог до продуктивності та користувацького досвіду, що відображено в плані системи, який включає фронтенд, бекенд, комунікацію в реальному часі, базу даних, платіжний шлюз і шар масштабування. Для ілюстрації структури та взаємодій додаються UML-діаграми, які забезпечують чітке візуальне представлення архітектури.

Фронтенд системи можливо реалізувати з використанням React.js, бібліотеки JavaScript, яка підтримує створення динамічних і адаптивних інтерфейсів користувача. Компонентно-орієнтована архітектура React дозволяє розробляти модульні елементи інтерфейсу, що полегшує підтримку та розширення системи. Для стилізації слід застосувати Tailwind CSS, фреймворк, який забезпечує швидке створення послідовного дизайну завдяки утилітарному підходу. Фронтенд відповідає за відображення списків аукціонів із деталями, такими як опис предмета, поточна ставка та час, що залишився. Користувачі можуть розміщувати ставки через інтуїтивно зрозумілі форми, а таймери зворотного відліку показують тривалість аукціону. Для забезпечення оновлень у реальному часі рекомендується, щоб фронтенд використовував WebSocket-з'єднання через бібліотеку Socket.IO, що дозволить миттєво оновлювати дані про ставки без необхідності перезавантаження сторінки. Основними ризиками є забезпечення сумісності з різними браузерами та обробка високого трафіку під час популярних аукціонів, що може вимагати оптимізації рендерингу та запитів

даних. Фронтенд залежить від API бекенду для отримання та надсилання даних, а також від WebSocket-з'єднання для оновлень у реальному часі.

Бекенд системи може бути побудовано на Node.js із фреймворком Express, що забезпечує ефективну обробку бізнес-логіки та API-запитів. Node.js обрано через його неблокуючу модель введення-виведення, яка ідеально підходить для обробки численних одночасних з'єднань, характерних для аукціонних платформ. Express пропонує легкий і гнучкий підхід до створення RESTful API, які використовуються фронтендом для виконання операцій, таких як аутентифікація користувачів, валідація ставок і керування життєвим циклом аукціонів від їх створення до завершення. Бекенд забезпечує валідацію ставок, перевіряючи, чи є ставка вищою за поточну та чи активний аукціон, а також керує станом аукціону, включаючи початок, перебіг і закриття. Безпека є критичною, тому застосовуються заходи для захисту від вразливостей, таких як SQL-ін'єкції та міжсайтові сценарії, через належну валідацію та санітизацію даних. Ризики включають потенційні вузькі місця продуктивності при високих навантаженнях, що вимагає оптимізації коду та конфігурації сервера. Бекенд залежить від бази даних для зберігання інформації, платіжного шлюзу для обробки транзакцій і шару комунікації в реальному часі для поширення оновлень.

Комунікація в реальному часі в такому контексті може бути реалізована через WebSocket за допомогою Socket.IO, що забезпечує миттєве поширення оновлень, таких як повідомлення про перебиття ставки чи завершення аукціону. На відміну від традиційного HTTP-полінгу, WebSocket зменшує затримки та навантаження на сервер, що критично для забезпечення плавного користувацького досвіду під час активних торгів. Socket.IO спрощує керування з'єднаннями та інтегрується з Node.js, дозволяючи бекенду надсилати повідомлення всім підключеним клієнтам. Ризики включають масштабування WebSocket-з'єднань, оскільки кожне з'єднання споживає ресурси сервера, а також необхідність обробки розривів з'єднання. Цей компонент залежить від бекенду для обробки повідомлень і фронтенду для встановлення з'єднань.

Для зберігання даних використовується PostgreSQL, реляційна база даних, відома своєю надійністю та підтримкою складних запитів. PostgreSQL забезпечує цілісність даних завдяки відповідності принципам ACID, що є важливим для фінансових транзакцій в аукціонній системі. Схема бази даних включає таблиці для користувачів, аукціонів, ставок і транзакцій, які зберігають інформацію про профілі, деталі аукціонів, історію ставок і платежі. Для масштабування передбачається використання реплік для читання та шардування, що дозволяє обробляти зростаючий обсяг даних. Ризики включають забезпечення консистентності даних при одночасних оновленнях, особливо під час інтенсивних торгів, а також потребу в оптимізації запитів для підтримки продуктивності. База даних залежить від бекенду для доступу та маніпуляцій із даними, а також від належного індексування для швидкого виконання запитів.

Платіжний шлюз може бути реалізовано через Stripe API, який забезпечує безпечну обробку платежів за виграні ставки. Stripe обрано за простоту інтеграції, відповідність стандартам безпеки, таким як PCI DSS, і підтримку функцій, як-от авторизація платежів і обробка повернень. Після завершення аукціону бекенд ініціює платіж через Stripe, який перевіряє та обробляє транзакцію, оновлюючи записи в базі даних. Ризики включають залежність від зовнішнього сервісу, який може мати перебої, а також необхідність захисту платіжної інформації від шахрайства. Платіжний шлюз залежить від бекенду для інтеграції та обробки робочих процесів.

Масштабування системи може забезпечуватися інфраструктурою AWS, зокрема Elastic Load Balancer (ELB) і EC2 Auto Scaling. ELB розподіляє вхідний трафік між кількома екземплярами серверів, забезпечуючи рівномірне навантаження, тоді як Auto Scaling автоматично регулює кількість екземплярів залежно від попиту. Це дозволяє системі справлятися з піковими навантаженнями, наприклад, під час популярних аукціонів. AWS обрано за надійність і широкий набір хмарних сервісів. Ризики включають необхідність правильної конфігурації для уникнення надмірного чи недостатнього виділення ресурсів, а також контроль витрат на хмарні сервіси. Шар масштабування

залежить від бекенд-серверів, розгорнутих на EC2, й інструментів моніторингу для активації масштабування.

Архітектурні рішення зосереджені на масштабованості, безпеці та продуктивності. Масштабованість досягається через хмарну інфраструктуру AWS, яка дозволяє динамічно розподіляти ресурси. Безпека забезпечується використанням HTTPS для шифрування зв'язку, JSON Web Tokens (JWT) для аутентифікації та авторизації, а також Stripe для безпечних платежів. Продуктивність оптимізується завдяки WebSocket для оновлень у реальному часі та оптимізації запитів до бази даних, що зменшує затримки під час активних торгів. Ці рішення враховують досвід провідних платформ, таких як eBay, і відповідають сучасним вимогам до аукціонних систем.

### **3.2 Порівняння архітектурних підходів**

Розробка системи онлайн-аукціону вимагає ретельного вибору архітектури, яка забезпечить високу продуктивність, масштабованість і надійність. Сучасні платформи, такі як онлайн-аукціони, стикаються з викликами обробки великої кількості одночасних запитів, забезпечення оновлень у реальному часі та підтримки безперебійної роботи під час пікових навантажень. У цьому підрозділі аналізуються три архітектурні підходи (монолітна архітектура, архітектура мікросервісів і безсерверна архітектура) з точки зору їхньої придатності для таких систем. Кожен підхід розглядається через призму обробки ключового процесу – розміщення ставки, що дозволяє оцінити їхні сильні та слабкі сторони. Для ілюстрації відмінностей додаються діаграми послідовності UML, які відображають взаємодію компонентів у кожному підході.

Монолітна архітектура характеризується об'єднанням усіх функціональних компонентів системи в єдиний додаток. У такому підході фронтенд, бекенд, обробка бізнес-логіки та доступ до бази даних інтегровані в одну кодову базу. Це спрощує розробку на ранніх етапах, оскільки всі елементи системи доступні в

одному місці, а розгортання здійснюється єдиним пакетом. Для невеликих аукціонних платформ із обмеженою кількістю користувачів такий підхід може бути достатнім, оскільки він зменшує складність координації між компонентами. Проте з ростом системи монолітна архітектура стикається з проблемами. Зміни в одній частині системи, наприклад у модулі обробки ставок, можуть ненавмисно вплинути на інші, такі як управління користувачами, що ускладнює тестування та впровадження оновлень. Масштабування також є проблематичним, оскільки для збільшення потужності необхідно дублювати весь додаток, навіть якщо навантаження зростає лише на окремі функції, як-от обробка ставок під час популярних аукціонів. Відомий приклад – рання архітектура eBay, яка базувалася на монолітному додатку C++ із мільйонами рядків коду. Ця система стала важкою для підтримки та масштабування, що змусило компанію шукати альтернативні підходи<sup>[1]</sup>. Для ілюстрації, на Рис 3.1 зображено діаграму послідовності для розміщення ставки в монолітній архітектурі, де весь процес обробляється єдиним додатком, який взаємодіє з базою даних.

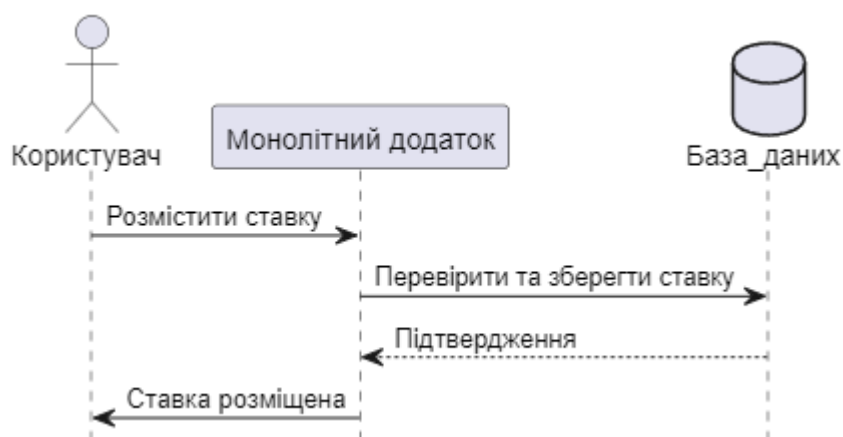


Рисунок 3.1 – Діаграма послідовності для розміщення ставки в монолітній архітектурі

Рисунок 3.1 демонструє, що в монолітній архітектурі запит на розміщення ставки надходить до єдиного додатка, який виконує всі необхідні дії, від перевірки до збереження даних. Ця простота може бути перевагою для

невеликих систем, але при високому навантаженні може призвести до затримок і збоїв.

Архітектура мікросервісів пропонує альтернативний підхід, розбиваючи систему на набір незалежних сервісів, кожен із яких відповідає за окрему функцію. Наприклад, один сервіс може обробляти аутентифікацію користувачів, інший – керувати аукціонами, а ще один – обробляти ставки. Ці сервіси взаємодіють через API, що дозволяє використовувати різні технології та масштабувати кожен сервіс окремо. Такий підхід забезпечує гнучкість, оскільки оновлення одного сервісу, наприклад додавання нових правил валідації ставок, не впливає на інші. Крім того, мікросервіси підвищують стійкість системи: збій у сервісі сповіщень не зупинить обробку ставок. Для онлайн-аукціонів, де пікові навантаження можуть бути значними, можливість масштабувати окремі компоненти, такі як сервіс ставок, є ключовою перевагою. eBay, перейшовши на мікросервіси, зміг ефективно обробляти мільярди запитів щодня, розподіляючи навантаження між тисячами сервісів<sup>[2]</sup>. Проте мікросервіси додають складності в управлінні системою. Координація між сервісами, забезпечення консистентності даних і налагодження розподілених систем вимагають додаткових зусиль. На Рис 3.2 зображено діаграму послідовності для розміщення ставки в архітектурі мікросервісів, яка показує взаємодію кількох сервісів через API-шлюз.

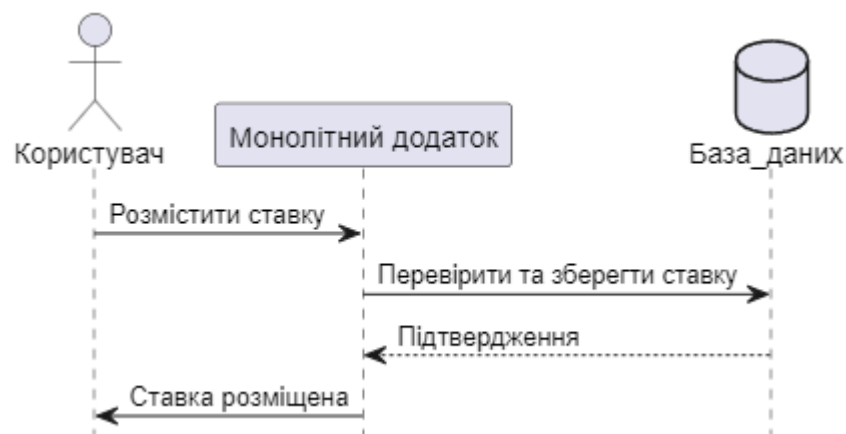


Рисунок 3.2 – Діаграма послідовності для розміщення ставки в архітектурі мікросервісів

Рисунок 3.2 ілюструє, як запит на розміщення ставки проходить через API-шлюз, який координує взаємодію між сервісами аутентифікації, аукціонів і ставок. Кожен сервіс виконує свою частину роботи, що дозволяє оптимізувати ресурси та підвищити продуктивність.

Безсерверна архітектура переносить відповідальність за управління інфраструктурою на хмарного провайдера, дозволяючи розробникам зосередитися на написанні коду у вигляді функцій, які активуються подіями. Наприклад, розміщення ставки може викликати функцію, яка перевіряє дані та оновлює базу даних. Хмарний провайдер автоматично масштабує ці функції залежно від навантаження, що робить безсерверний підхід економічно вигідним, оскільки плата стягується лише за використані ресурси. Для онлайн-аукціонів безсерверна архітектура може бути корисною для обробки некритичних завдань, таких як відправлення сповіщень або обробка аналітики. Однак затримки, пов'язані з «холодним стартом» функцій, можуть бути проблематичними для реального часу, де кожна мілісекунда має значення. Крім того, залежність від хмарного провайдера може обмежувати гнучкість системи. Прикладом є використання AWS Lambda для обробки подій в аукціонних системах, де функції забезпечують швидке масштабування, але потребують ретельного дизайну для забезпечення консистентності даних<sup>[3]</sup>. На рис. 3.3 зображено діаграму послідовності для розміщення ставки в безсерверній архітектурі, де запит обробляється функцією, викликаною через API-шлюз. Рисунок 3.3 показує, що в безсерверній архітектурі запит на розміщення ставки обробляється єдиною функцією, яка взаємодіє з базою даних. Цей підхід спрощує масштабування, але може бути обмеженим через потенційні затримки.

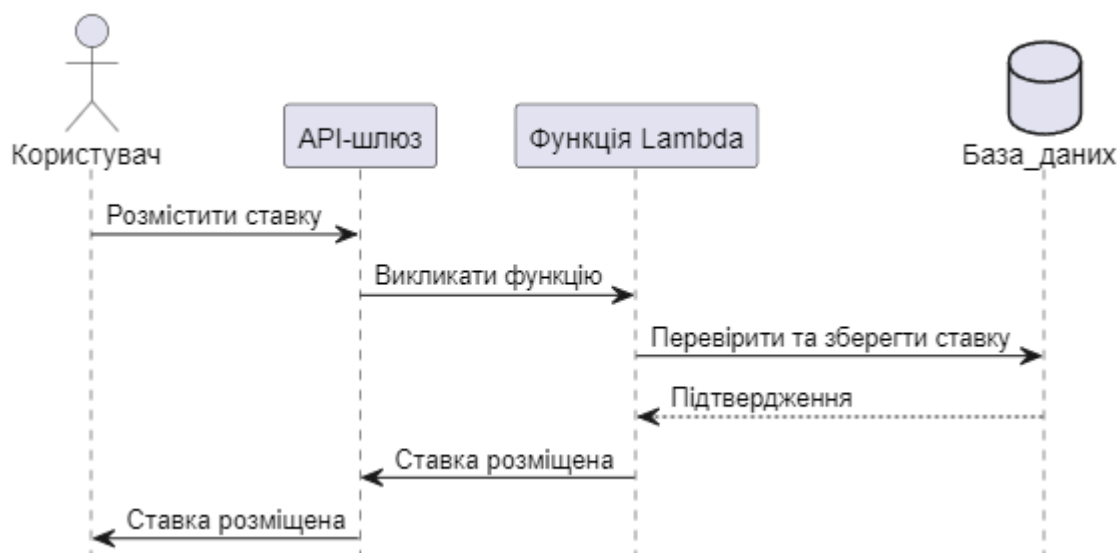


Рисунок 3.3 – Діаграма послідовності для розміщення ставки в безсерверній архітектурі

Порівняння цих підходів у контексті онлайн-аукціонів дозволяє оцінити їхню придатність за кількома критеріями. Масштабованість є ключовою для обробки пікових навантажень, наприклад, під час завершення популярних аукціонів. Мікросервіси дозволяють масштабувати окремі компоненти, такі як сервіс ставок, тоді як монолітна архітектура вимагає масштабування всієї системи, що є менш ефективним. Безсерверна архітектура забезпечує автоматичне масштабування, але затримки можуть впливати на користувацький досвід. З точки зору реального часу, мікросервіси з технологіями на кшталт WebSocket забезпечують миттєві оновлення, тоді як монолітна архітектура може стикатися з перевантаженням, а безсерверна – із затримками «холодного старту». Складність розробки та підтримки також варіюється: монолітна архітектура простіша на початку, але ускладнює оновлення; мікросервіси додають складності в управлінні, але полегшують впровадження змін; безсерверна архітектура спрощує інфраструктуру, але вимагає адаптації до хмарних обмежень. Витрати також різняться: монолітна архітектура може бути дешевшою для невеликих систем, мікросервіси вимагають інвестицій у координацію, а безсерверна модель знижує витрати за рахунок оплати за використання. Надійність залежить від ізоляції збоїв: мікросервіси обмежують

вплив збоїв на окремі сервіси, тоді як у монолітній архітектурі збій може зупинити всю систему; безсерверна архітектура покладається на надійність хмарного провайдера.

Для онлайн-аукціонів, де масштабованість, реальний час і стійкість є пріоритетами, архітектура мікросервісів виглядає найбільш придатною. Вона дозволяє ефективно розподіляти навантаження, швидко впроваджувати оновлення та ізолювати збої, що підтверджується досвідом eBay. Монолітна архітектура може бути виправданою для прототипів або невеликих платформ, але її обмеження стають очевидними при зростанні. Безсерверна архітектура підходить для окремих компонентів, але її використання для всієї системи може бути ризикованим через затримки та залежність від зовнішніх провайдерів. У наступному підрозділі буде запропоновано власну архітектуру на основі мікросервісів, яка враховує ці висновки та специфіку онлайн-аукціонів.

### **3.3 Проєктування власної архітектури**

Для створення ефективної системи онлайн-аукціонів, яка здатна обробляти великі обсяги транзакцій, забезпечувати реальний час для ставок і підтримувати високу доступність, обрано мікросервісну архітектуру. Цей підхід дозволяє досягти масштабованості, гнучкості та ізоляції компонентів, що є критично важливим для систем із високим навантаженням, таких як eBay чи Sotheby's. Мікросервіси забезпечують незалежне розгортання та масштабування окремих компонентів, що дозволяє оптимізувати ресурси та швидко впроваджувати нові функції.

Запропонована архітектура складається з таких основних компонентів:

- Фронтенд – вебдодаток, який забезпечує інтерфейс для користувачів (покупців і продавців). Користувачі можуть реєструватися, переглядати товари, розміщувати ставки та отримувати інформацію про аукціони.

- API Gateway – центральна точка входу для всіх клієнтських запитів, яка маршрутизує їх до відповідних сервісів. Забезпечує балансування навантаження та безпеку.
- Сервіс користувачів (User Service) відповідає за реєстрацію, автентифікацію (наприклад, за допомогою JWT) та управління профілями користувачів.
- Сервіс товарів (Item Service) – керує створенням, оновленням, видаленням і переглядом товарів, а також параметрами аукціону, такими як час початку та закінчення, початкова ціна.
- Сервіс ставок (Bidding Service) – обробляє розміщення ставок, перевіряє їх валідність (наприклад, чи є ставка вищою за поточну), зберігає історію ставок і визначає поточну найвищу ставку.
- Бази даних – кожен сервіс має власну базу даних для забезпечення ізоляції даних. Наприклад, база даних користувачів містить інформацію про профілі, база даних товарів – деталі аукціонів, а база даних ставок – історію ставок.

Компоненти системи взаємодіють через API Gateway, який направляє запити від фронтенду до відповідних сервісів. Наприклад, процес розміщення ставки включає таку послідовність операцій: користувач через фронтенд надсилає запит на розміщення ставки (POST /bids/place) до API Gateway; API Gateway пересилає запит до Сервісу ставок; Сервіс ставок звертається до Сервісу товарів (GET /items/{itemId}/status) щоб перевірити, чи аукціон ще відкритий; Сервіс товарів повертає статус аукціону (відкритий чи закритий). Якщо аукціон відкритий, Сервіс ставок перевіряє поточну найвищу ставку, виконуючи запит до своєї бази даних (SELECT MAX(bid\_amount) FROM bids WHERE item\_id = ?). Якщо нова ставка вища, вона зберігається в базі даних ставок. Сервіс ставок повертає відповідь (успіх або помилка) через API Gateway до фронтенду. Фронтенд оновлює інтерфейс користувача, відображаючи результат.

Для завершення аукціону Сервіс товарів періодично виконує заплановане завдання, яке перевіряє, чи настав час закінчення аукціону. Якщо аукціон

закінчився, Сервіс товарів звертається до Сервісу ставок, щоб отримати найвищу ставку, визначає переможця та оновлює статус аукціону.

Діаграма компонентів на Рис. 3.4 відображає основні складники системи онлайн-аукціону та їх взаємозв'язки. Вона включає фронтенд, API Gateway, сервіси користувачів, товарів і ставок, а також відповідні бази даних.

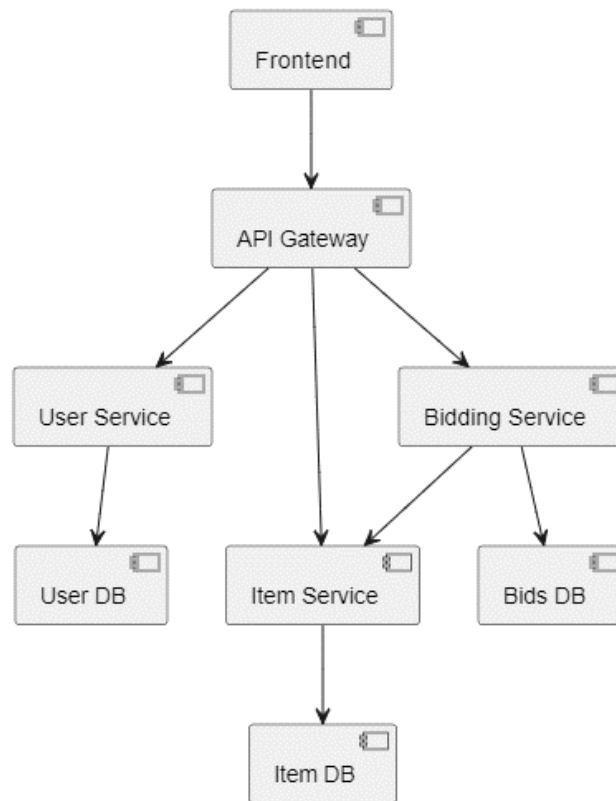


Рисунок 3.4 – Основні складники системи онлайн-аукціону та їх взаємозв'язки

Діаграма розгортання на рис. 3.5 ілюструє, як компоненти системи розподілені на фізичній або хмарній інфраструктурі. Фронтенд виконується на пристрої клієнта, тоді як API Gateway, сервіси та бази даних розміщені на хмарній платформі.

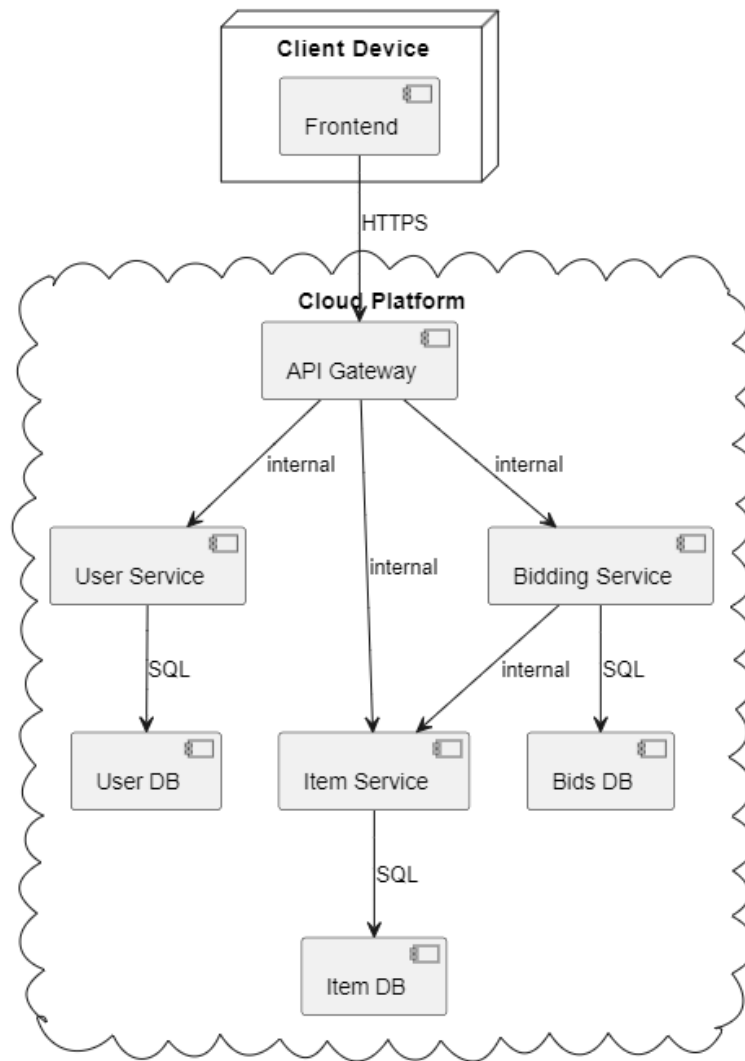


Рисунок 3.5 – Компоненти системи розподілені на фізичній або хмарній інфраструктурі

Для можливої реалізації архітектури обрано такі технології:

- Java з Spring Boot для створення сервісів завдяки надійності, великій спільноті та підтримці мікросервісних патернів. Spring Boot спрощує розробку REST API та інтеграцію з іншими інструментами (Spring Boot Documentation).
- PostgreSQL для побудови реляційної бази даних, яка підтримуватиме складні запити та забезпечуватиме високу продуктивність. Вона доречна для зберігання структурованих даних, таких як інформація про користувачів, товари та ставки.

– Spring Cloud Gateway може використовуватися як API Gateway для маршрутизації запитів, балансування навантаження та забезпечення безпеки (Spring Cloud Gateway Documentation).

– Docker можна застосовувати для контейнеризації сервісів, що полегшує розгортання та масштабування. Docker дозволяє ізолювати сервіси та забезпечує однакове середовище на різних етапах розробки<sup>[11]</sup>.

Ці технології обрано через їхню популярність, підтримку спільноти та здатність відповідати вимогам масштабованості та надійності. Наприклад, Spring Boot широко використовується в enterprise-додатках, а PostgreSQL забезпечує ефективну обробку даних. Docker спрощує розгортання, що є важливим для мікросервісної архітектури.

На відміну від традиційної монолітної архітектури, яка використовує трирівневу структуру (вебсервер, сервер додатків, база даних), запропонована мікросервісна архітектура забезпечує кращу масштабованість і гнучкість. Монолітна архітектура є простішою для реалізації, але обмежена в масштабуванні та оновленні. Serverless архітектура могла б бути економічно вигідною для некритичних функцій, але її затримки роблять її менш придатною для обробки ставок у реальному часі.

Отже, остаточні архітектурні рішення в розрізі технологічного стеку для реалізації аукціонної онлайн-платформи зібрано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технологічний стек для імплементації аукціону

Компонент	Функції	Технології
Фронтенд	Інтерфейс користувача, відображення товарів, розміщення ставок	HTML, CSS, JavaScript
API Gateway	Маршрутизація запитів, балансування навантаження, безпека	Spring Cloud Gateway
Сервіс користувачів	Реєстрація, автентифікація, управління профілями	Java, Spring Boot, PostgreSQL
Сервіс товарів	Управління товарами та аукціонами (створення, оновлення, завершення)	Java, Spring Boot, PostgreSQL
Сервіс ставок	Обробка ставок, перевірка валідності, визначення найвищої ставки	Java, Spring Boot, PostgreSQL
Бази даних	Зберігання даних користувачів, товарів, ставок	PostgreSQL

## Висновки до третього розділу

Третій розділ представив детальний аналіз і проектування архітектури для системи онлайн-аукціонів, запропонувавши оптимальне рішення для її реалізації. У підпункті 3.1 описано беклог архітектурних рішень, включаючи ключові компоненти (UI, API, база даних, брокер повідомлень, модулі оплати), архітектурні підходи (наприклад, мікросервіси, WebSockets), а також технічні ризики (масштабованість, безпека) і залежності, що необхідно враховувати під час розробки. Підпункт 3.2 порівняв три архітектурні підходи – монолітну, мікросервісну та serverless – з точки зору їхніх переваг (простота моноліту, масштабованість мікросервісів, економічність serverless) і недоліків (обмеження масштабування моноліту, складність мікросервісів, затримки serverless), обґрунтувавши вибір мікросервісної архітектури для великих платформ із високим навантаженням. У підпункті 3.3 запропоновано власну мікросервісну архітектуру з використанням сучасних технологій (Java з Spring Boot, PostgreSQL, Docker), що забезпечує масштабність, безпеку та зручність використання, а також наведено UML-діаграми (компонентів, розгортання, послідовності) для ілюстрації структури системи. Таким чином, розділ обґрунтував вибір мікросервісної архітектури як оптимального рішення для створення ефективної платформи онлайн-аукціонів, здатної конкурувати з провідними системами, такими як eBay, і відповідати сучасним вимогам.

## ВИСНОВКИ

Онлайн-аукціони є важливою складовою електронної комерції, що стрімко розвивається завдяки глобальному охопленню та зручності для користувачів. Аналіз сучасних платформ, таких як eBay, Prozorro.Sale, Catawiki та Copart, показує різноманітність архітектурних підходів, кожен з яких адаптований до конкретних ринкових ніш і потреб аудиторії. Водночас створення ефективних систем онлайн-аукціонів залишається складним завданням, що вимагає врахування безпеки, масштабованості, продуктивності та користувацького досвіду. Проведене дослідження узагальнює ці аспекти та пропонує практичні рекомендації для проектування конкурентоспроможних платформ.

На основі аналізу було сформульовано функціональні та нефункціональні вимоги, що враховували потреби користувачів (зручність, довіра) і технічні аспекти (висока пропускна здатність, надійність), що є основою для ефективної платформи. У результаті запропоновано мікросервісну архітектуру з використанням Java (Spring Boot), PostgreSQL і Docker, що забезпечує масштабітність, безпеку та гнучкість. Рекомендації включають застосування WebSockets для реального часу, API Gateway для маршрутизації, асинхронну обробку через брокери повідомлень (Kafka) і відповідність українському законодавству.

Звідси, дослідження досягло поставленої мети, проаналізувавши існуючі підходи та розробивши рекомендації для створення ефективної системи онлайн-аукціонів, яка відповідає вимогам безпеки, масштабованості та зручності використання, а також здатна конкурувати з провідними платформами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Angular. URL: <https://angular.dev/> (дата звернення: 01.04.2025).
2. Apache JMeter. URL: <https://jmeter.apache.org/> (дата звернення: 01.04.2025).
3. Arjun. Inside eBay Tech Stack and Infrastructure. Appscrip. URL: <https://appscrip.com/blog/ebay-tech-stack-and-infrastructure> (дата звернення: 01.05.2025).
4. Auction Scalability and Growth: Scaling Auctions with Distributed Systems and Microservices - FasterCapital. FasterCapital. URL: <https://fastercapital.com/content/Auction-Scalability-and-Growth--Scaling-Auctions-with-Distributed-Systems-and-Microservices.html> (дата звернення: 01.04.2025).
5. Auction types & how different types of auctions work | clarity. Clarity Ventures. URL: <https://www.clarity-ventures.com/auction-ecommerce/types-of-auctions-in-ecommerce> (дата звернення: 01.04.2025).
6. Banton C. What is an auction? Definition, how they work, pros and cons. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/a/auction.asp> (дата звернення: 01.04.2025).
7. Challenge Validation. Challenge Validation. URL: <https://www.catawiki.com/en/> (дата звернення: 01.04.2025).
8. Contributors to Wikimedia projects. Prozorro.Sale. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Prozorro.Sale> (дата звернення: 01.04.2025).
9. Copart Auto Auctions (Guide) – Dealer 101. Dealer 101®. URL: <https://dealer101.com/auctions/companies/copart/> (дата звернення: 01.04.2025).
10. Coverage.py 7.9.1 documentation. Coverage.py. URL: <https://coverage.readthedocs.io/en/7.9.1/> (дата звернення: 01.04.2025).
11. Documentation. Docker. URL: <https://docs.docker.com/> (дата звернення: 01.04.2025).
12. eBay. URL: <https://www.ebay.com/> (дата звернення: 01.04.2025).

13. EclEmma. URL: <https://www.jacoco.org> (дата звернення: 01.04.2025).
14. Hanzhang Wang Chirag Shah and Sanjeev Katariya. eBay's New Approach to Managing a Vast Service Architecture. eBay Inc. URL: <https://innovation.ebayinc.com/stories/ebays-new-approach-to-managing-a-vast-service-architecture/> (дата звернення: 01.04.2025).
15. Hoff T. eBay Architecture. High Scalability. URL: <https://highscalability.com/ebay-architecture> (дата звернення: 01.04.2025).
16. How bidding works. eBay. URL: <https://www.ebay.com/help/buying/bidding/bidding?id=4003> (дата звернення: 01.04.2025).
17. How to Buy. Copart. URL: <https://www.copart.com/content/us/en/support/how-to-buy> (дата звернення: 01.04.2025).
18. Improving the Performance of Online Auctions Through Server-side Activity-based Caching - World Wide Web. SpringerLink. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11280-006-0011-8> (дата звернення: 01.04.2025).
19. Key features for building B2B auction sites | B2B auctions. B2B eCommerce, ERP & CRM Integrations, HIPAA and Auctions | Clarity Ventures. URL: <https://www.clarity-ventures.com/auction-ecommerce/key-features-for-b2b-auction-websites> (дата звернення: 01.04.2025).
20. Kilani J. Privacy Policies for Online Auction Platforms. TermsFeed. URL: <https://www.termsfeed.com/blog/privacy-policy-online-auction-platforms/> (дата звернення: 01.04.2025).
21. Load testing designed for DevOps and CI/CD. Gatling. URL: <https://gatling.io/> (дата звернення: 01.04.2025).
22. Microservice Based Auction Software. Gist GitHub. URL: <https://gist.github.com/cliveyg/cf77c295e18156ba74cda46949231d69> (дата звернення: 01.04.2025).
23. Monolithic vs Microservices vs Serverless Architecture. Leading AI-Powered Software Development Agency. URL:

- <https://www.zignuts.com/blog/monolithic-vs-microservices-vs-serverless-architecture> (дата звернення: 01.04.2025).
24. Ng T. eBay Architecture. SlideShare. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/ebay-architecture/9892920> (дата звернення: 01.04.2025).
25. Online Car Auctions | Repairable & Used Cars. Copart. URL: <https://www.copart.com/vehicleFinder> (дата звернення: 01.04.2025).
26. Online-Bezahldienst und Zahlungsdienstleister. Stripe. URL: <https://stripe.com/> (дата звернення: 01.04.2025).
27. Overview. Prometheus. URL: <https://prometheus.io/docs/introduction/overview/> (дата звернення: 01.04.2025).
28. Paying for items. eBay. URL: <https://www.ebay.com/help/buying/paying-items/paying-items?id=4009> (дата звернення: 01.04.2025).
29. PayPal. URL: <https://www.paypal.com/> (дата звернення: 01.04.2025).
30. Performance requirements and 10 best practices for high-speed e-commerce websites. Kinsta®. URL: <https://kinsta.com/blog/ecommerce-performance/> (дата звернення: 01.04.2025).
31. PlantUML. URL: <http://www.plantuml.com/plantuml/> (дата звернення: 01.04.2025).
32. Ponnuraj S. K. System Design for a Online Bidding System. Medium. URL: <https://medium.com/@shiva.kutti.kumar/system-design-for-a-online-bidding-system-adf417f39f44> (дата звернення: 01.04.2025).
33. PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/> (дата звернення: 01.04.2025).
34. Prozorro.Sale - Електронна Торгова Система. Prozorro.Sale. URL: <https://prozorro.sale/> (дата звернення: 01.04.2025).
35. React. URL: <https://react.dev/> (дата звернення: 01.04.2025).
36. Registering as a seller. eBay. URL: <https://www.ebay.com/help/selling/getting-paid/registering-seller?id=4792> (дата звернення: 01.04.2025).

37. Selling through auctions. eBay. URL: <https://www.ebay.com/help/selling/listings/selling-auctions?id=4110> (дата звернення: 01.04.2025).
38. SendPulse review: Increase your ecommerce sales - E-Commerce Nation. E-Commerce Nation. URL: <https://www.ecommerce-nation.com/catawiki-analysis-of-this-revolutionary-online-auction-house/> (дата звернення: 01.04.2025).
39. Technical documentation. Grafana Labs. URL: <https://grafana.com/docs> (дата звернення: 01.04.2025).
40. The complete glossary of auction terms you should know. Invaluable. URL: <https://www.invaluable.com/blog/invaluable-auction-glossary/> (дата звернення: 01.04.2025).
41. Trevathan J. Privacy and security in online auctions. ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/publication/277736892\\_Privacy\\_and\\_security\\_in\\_online\\_auctions](https://www.researchgate.net/publication/277736892_Privacy_and_security_in_online_auctions) (дата звернення: 01.04.2025).
42. ukrлот. URL: <https://ukrlot.com.ua/> (дата звернення: 01.04.2025).
43. wikiHow. How to open an ebay account: 13 steps (with pictures) - wikihow. wikiHow. URL: <https://www.wikihow.com/Open-an-eBay-Account> (дата звернення: 01.04.2025).
44. Маркетплейс та інтернет-аукціон України. NewAuction.org. URL: <https://newauction.org/> (дата звернення: 19.06.2025).
45. Про електронну комерцію : Закон України від 03.09.2015 № 675-VIII : станом на 1 січ. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/675-19#Text> (дата звернення: 19.06.2025).
46. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI : станом на 14 черв. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text> (дата звернення: 19.06.2025).
47. Про публічні закупівлі : Закон України від 25.12.2015 № 922-VIII : станом на 23 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text> (дата звернення: 19.06.2025).

48. Amazon found every 100ms of latency cost them 1% in sales. GigaSpaces. URL: <https://www.gigaspaces.com/blog/amazon-found-every-100ms-of-latency-cost-them-1-in-sales> (дата звернення: 01.04.2025).
49. Why Live Streaming Auctions Need Real-Time Latency - Red5. Red5. URL: <https://www.red5.net/blog/why-live-streaming-auctions-need-real-time-latency/> (date of access: 01.04.2025).
50. eBay's Hyperscale Platforms. eBay Inc. URL: <https://innovation.ebayinc.com/stories/odm/> (дата звернення: 01.04.2025).
51. Why Businesses Should Care About Uptime Guarantees. Shift4Shop eCommerce Blog. URL: <https://blog.shift4shop.com/ecommerce-uptime-guarantees> (дата звернення: 01.04.2025).
52. Shoup R. Scalability Best Practices: Lessons from eBay. InfoQ. URL: <https://www.infoq.com/articles/ebay-scalability-best-practices/> (дата звернення: 01.04.2025).
53. Microservices at eBay-What it looks like today. Software Development Company In USA | SayOne. URL: <https://www.sayonetech.com/blog/microservices-ebay/> (дата звернення: 01.04.2025).
54. Agile Testing at eBay. SlideShare. URL: <https://www.slideshare.net/DominikDary/agile-testing-at-ebay> (дата звернення: 01.04.2025).