

ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ ТА ПРАВА «КРОК»»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема: «Гнучке управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» для замовлень 3D-друку»

Ступінь вищої освіти – магістр

Спеціальність – 073 «Менеджмент»

Освітня програма «Agile-технології розробки програмного забезпечення»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Керівники: зав. кафедри комп'ютерних наук,

к.е.н., с.н.с., доцент

Сергій МІЧКІВСЬКИЙ

викладач кафедри інформаційного

менеджменту, математики та

статистики

Олег МУШИНСЬКИЙ

Виконала: здобувачка

групи МЕН/Agile-24м-дист

Катерина ТИМОФЄЄВА

Засвідчую, що кваліфікаційна

робота оформлена відповідно до

ДСТУ 3008:2015 та не містить

запозичень з праць інших авторів

без відповідних посилань.

Здобувач: _____

(підпис)

ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ ТА ПРАВА «КРОК»»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри інформаційного
менеджменту, математики та статистики

_____ Денис БАЛДИК

«__» ____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Тимофєєва Катерина Володимирівна**

Тема роботи	Гнучке управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» для замовлень 3D-друку
Номер та дата наказу про затвердження теми	№ 109-3 від 14 жовтня 2025 року р.
Коротка постановка завдання	Обґрунтування бачення створюваного продукту для розв'язання проблеми в діяльності замовника на основі розробки моделі його організації. Детальний опис особливостей гнучкого управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» з використанням фреймворка Scrum та гібридного управління проектами. Розкриття особливостей лідерства та управління командною взаємодією для гнучкого управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій».
Посилання на джерела інформації (не більше п'яти найменувань, які рекомендує науковий керівник)	<ol style="list-style-type: none"> Мушинський О. Ю. Розвиток лідерства в управлінні проектними командами. <i>Вчені записки Університету «КРОК»</i>. 2024. № 76. https://doi.org/10.31732/2663-2209-2024-76-165-173 Pletzer, J. L., Abrahams, L. (2025). Personality and Job Performance: A review of trait models and Recent Trends. <i>Current Opinion in Psychology</i>. 2025. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.102054 Концевий В. В., Войтенко О. С. Оцінка впливу учасників проектних команд на систему комунікацій. <i>Управління розвитком складних систем</i>. Київ, 2025. № 62. С. 79 – 87, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.79-87.
Вимоги до кваліфікаційної роботи	Кваліфікаційна робота має містити теоретичне та/або практичне дослідження за темою роботи, яку слід розглядати як складне спеціалізоване завдання або практичну проблематику в галузі управління та адміністрування, яка характеризується комплексністю та невизначеністю умов і потребує застосування Agile-технологій.

Дата видачі завдання «16» жовтня 2025 р.

Керівник

Сергій МІЧКІВСЬКИЙ

Керівник

Олег МУШИНСЬКИЙ

Здобувач

Катерина ТИМОФЄЄВА

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання	Примітка
Підготовчий етап			
1	Вибір напрямку дослідження та керівника.	01.09.2025 р.	<i>виконано</i>
2	Формування теми та призначення керівника.	22.09.2025 р.	<i>виконано</i>
3	Затвердження теми кваліфікаційної роботи.	14.10.2025 р.	<i>виконано</i>
4	Затвердження завдання на кваліфікаційну роботу.	16.10.2025 р.	<i>виконано</i>
Основний етап			
5	Розробка концепції та змісту кваліфікаційної роботи, погодження їх з науковим керівником	06.11.2025 р.	<i>виконано</i>
6	Підбір та вивчення джерел інформації з напрямку дослідження.	08.11.2025 р.	<i>виконано</i>
7	Теоретико-методичний аналіз предметної області. Підготовка та подання керівнику розділу 1 кваліфікаційної роботи.	13.11.2025 р.	<i>виконано</i>
8	Реалізація гнучкого управління розробкою продукту. Підготовка та подання керівнику розділу 2 кваліфікаційної роботи.	20.11.2025 р.	<i>виконано</i>
9	Розробка рекомендацій щодо вдосконалення управління із застосуванням Agile-технологій. Підготовка та подання керівнику розділу 3 кваліфікаційної роботи.	27.11.2025 р.	<i>виконано</i>
10	Підготовка та подання керівнику першого варіанту всієї кваліфікаційної роботи.	01.12.2025 р.	<i>виконано</i>
11	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника та представлення керівнику доопрацьованого варіанту кваліфікаційної роботи	03.12.2025 р.	<i>виконано</i>
Завершальний етап			
12	Представлення рукопису для перевірки на плагіат.	08.12.2025 р.	<i>виконано</i>
13	Підготовка презентації та доповіді на передзахист.	22.12.2025 р.	<i>виконано</i>
14	Передзахист кваліфікаційної роботи.	23-24.12.2025 р.	<i>виконано</i>
15	Технічна самоекспертиза роботи на відповідність вимогам до оформлення та виправлення недоліків.	12-16.01.2026 р.	<i>виконано</i>
16	Експертиза роботи керівником та зовнішнім експертом (рецензентом).	20.01.2026 р.	<i>виконано</i>
17	Доопрацювання доповіді та презентації для захисту.	22.01.2026 р.	<i>виконано</i>
18	Захист кваліфікаційної роботи.	26-30.01.2026 р.	<i>виконано</i>

Керівник

Керівник

Здобувач

Сергій МІЧКІВСЬКИЙ

Олег МУШИНСЬКИЙ

Катерина ТИМОФЄЄВА

Тимофеева К.В. Гнучке управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» для замовлень 3D-друку

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи за спеціальністю 073 – Менеджмент (освітня програма – Agile-технології розробки програмного забезпечення), СО Магістр. – ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», Навчально-науковий інститут інформаційних та комунікаційних технологій, кафедра інформаційного менеджменту, математики та статистики, Київ, 2026 р.

В кваліфікаційній роботі досліджено процес гнучкого управління розробкою вебсайтом для лабораторії «3D&AeroVision технологій» з використанням фреймворку Scrum. Проаналізовано діяльність бізнесу, обґрунтовано вибір Agile-підходу, здійснено планування та оцінювання інкрементів, проведено ретроспективний аналіз роботи команди на основі якого сформульовано рекомендації щодо покращення командної взаємодії.

Ключові слова: Agile, Scrum, управління проектами, команда, вебсайт.

Табл. 8. Рис. 25. Бібліограф.: 38 найм.

Timofieieva K.V. Agile management of developing the “3D&AeroVision technologies” laboratory website for managing 3D printing orders

Qualification paper explanatory note by specialty 073 - Management (educational program - Agile software development technologies). – «KROK» University, Educational and Scientific Institute of information and communication technologies, Department of Information Management, Mathematics and Statistics, Kyiv, 2026.

The qualification thesis examines the process of agile management in the development of a website for the “3D&AeroVision Technologies” laboratory using the Scrum framework. The study analyzes the laboratory’s operational activities, justifies the choice of the Agile approach, carries out planning and evaluation of increments, and conducts a retrospective analysis of team performance.

Keywords: Agile, Scrum, project management, team, website.

Tabl. 8. Fig. 25. Bibliography: 38 items.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ДИЗАЙН БІЗНЕСУ УНІВЕРСИТЕТУ «КРОК».....	8
1.1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЯКОЇ РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА.....	8
1.2 ПОСТАНОВКА ЦІЛЕЙ ТА ЗАВДАНЬ ПРОЄКТУ.....	20
1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ПРОДУКТУ	23
Висновки до першого розділу	27
РОЗДІЛ 2. ГНУЧКЕ УПРАВЛІННЯ СТВОРЕННЯМ ВЕБСАЙТУ	28
2.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФРЕЙМУ ГНУЧКОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ	28
2.2 ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТУ З РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТУ	31
2.3 МОНИТОРИНГ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ	35
Висновки до другого розділу	40
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМАНДИ З РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТУ.....	41
3.1 ОГЛЯД ІНКРЕМЕНТУ ПРОДУКТУ.....	41
3.2 РЕТРОСПЕКТИВА РОБОТИ КОМАНДИ.....	47
3.3. СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ МЕНЕДЖЕРА В AGILE-СЕРЕДОВИЩІ	50
Висновки до третього розділу	59
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
ДОДАТОК А.....	67

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку цифрових технологій 3D-друк стає одним із ключових напрямів інноваційної діяльності в освіті, промисловості та наукових дослідженнях. Зростання попиту на послуги тривимірного друку зумовлене широкими можливостями цієї технології для швидкого прототипування, створення навчальних моделей, виробництва деталей та візуалізації інженерних рішень.

Водночас збільшення кількості замовлень потребує вдосконалення організації роботи підприємств, що надають такі послуги. Лабораторія «3D&AeroVision технологій» при Університеті «КРОК» надає послуги з 3D-друку, однак на сьогодні процес замовлення послуг та взаємодії з клієнтами має низку організаційних труднощів. Відсутність централізованої системи прийому заявок в лабораторії призводить до неузгодженості каналів комунікації, втрати інформації, ускладненням контролю за процесом виконання замовлень.

З огляду на зазначене актуальною є розробка вебсайту для лабораторії, що дозволить вирішити локальну організаційну проблему. У процесі реалізації проекту застосовується гнучкий підхід до управління розробкою, що сприятиме підвищенню якості продукту, прискоренню реалізації завдань та дозволить швидко адаптуватися до змін.

Метою дослідження є визначення особливостей та застосування підходів гнучкого управління проектами у процесі розробки вебсайту для лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК».

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити діяльність лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК»;
- сформулювати цілі розробки вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК».
- визначити функціональні й нефункціональні вимоги до продукту;
- провести аналіз підходів гнучкого управління проектами (Agile) та обґрунтувати вибір фреймворку для розробки вебсайту;

- спланувати реалізацію проєкту за обраним фреймворком;
- провести ретроспективу команди, виявити та проаналізувати проблеми, що виникли при організації командної роботи;
- розробити рекомендації до управління командною взаємодією.

Об’єктом дослідження є функціонування лабораторії «3D&AeroVision технологій» з надання послуг у сфері 3D-друку.

Предметом дослідження є процес гнучкого управління розробкою вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» для замовлень 3D-друку з використанням Agile підходів.

Методи дослідження. У процесі виконання кваліфікаційної роботи було застосовано методи аналізу і синтезу, порівняння, моделювання, графічні методи, анкетування та системний підхід.

Практичне значення запланованих результатів полягає у можливості впровадження розробленого вебсайту в діяльність лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК» для автоматизації ключових процесів її функціонування.

Новизна результатів дослідження полягає в тому, що запропоновані підходи та системна модель можуть слугувати методологічною основою для розроблення інструментів діагностики та управління командною взаємодією в проєктах, зокрема при формуванні та розвитку команд.

Апробація результатів дослідження здійснювалась під час проведення XXII Міжнародної конференції Київського національного університету будівництва та архітектури «Управління проєктами у розвитку суспільства» (м. Київ, 23 травня 2025 року); Міжнародної V Наукової конференції Університету «КРОК» «Сучасний менеджмент організації: витоки, реалії та перспективи розвитку» (м. Київ, 17 квітня 2025 року);

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів і висновків, викладених на 62 сторінках тексту. Матеріали кваліфікаційної роботи містять 8 таблиць і 25 рисунків. Список використаних джерел складається із 38 найменувань, які розміщено на 4 сторінках, 1 додаток на 2 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ДИЗАЙН БІЗНЕСУ УНІВЕРСИТЕТУ «КРОК»

1.1 Опис предметної області для якої розробляється система

Предметною областю в кваліфікаційній роботі виступає діяльність лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК» що забезпечує надання послуг 3D-друку внутрішнім і зовнішнім користувачам. До неї належать процеси прийому та обробки звернень, консультацій щодо параметрів друку, розрахунку вартості, контролю виконання замовлень, управління чергою робіт, передавання 3D-моделей, комунікації з замовниками та видача готових виробів.

Сучасний ринок 3D-друку демонструє стабільну динаміку зростання. За даними Grand View Research [1], глобальний ринок технологій адитивного виробництва досягнув 20,37 млрд доларів, а до 2030 року прогнозується його збільшення до 88,2 млрд доларів, що зумовлено поширенням 3D-друку в інженерії, освіті, медицині, будівництві, прототипуванні та інших сферах діяльності. Зростання попиту на швидке виготовлення прототипів, малосерійних виробництв та індивідуальних рішень робить 3D-друк важливим елементом освітніх екосистем університетів.

У лабораторії «3D&AeroVision технологій» застосовуються найбільш поширені технології 3D-друку, такі як FDM (Fused Deposition Modeling) та SLA (Stereolithography), що дають можливість виготовляти як навчальні моделі, так і функціональні деталі.

Особливістю діяльності лабораторії є поєднання освітніх та прикладних функцій. Окрім виготовлення виробів на 3D-принтерах, лабораторія забезпечує підтримку навчальних дисциплін технічного спрямування, що сприяють формуванню компетентностей у сфері адитивних технологій.

Разом із тим ці процеси формуються не ізольовано, а є частиною системи управління, що визначає правила, організаційні підходи та інструменти роботи підрозділів організації. Для розуміння особливостей функціонування лабораторії та чинників, які впливають на формування вимог до майбутнього продукту, доцільно розглянути діяльність Університету «КРОК» з позиції системного

аналізу, використовуючи модель «Піраміда 3М», яка дозволяє виокремити три рівні системного аналізу: надсистему (методологічний рівень), систему (методовизначальний рівень) та підсистему (методичний рівень) [2].

На рис. 1.1, зображена модель «Піраміда 3М», що відображає системні рівні структури організації внутрішніх процесів в «Університеті економіки та права «КРОК»».

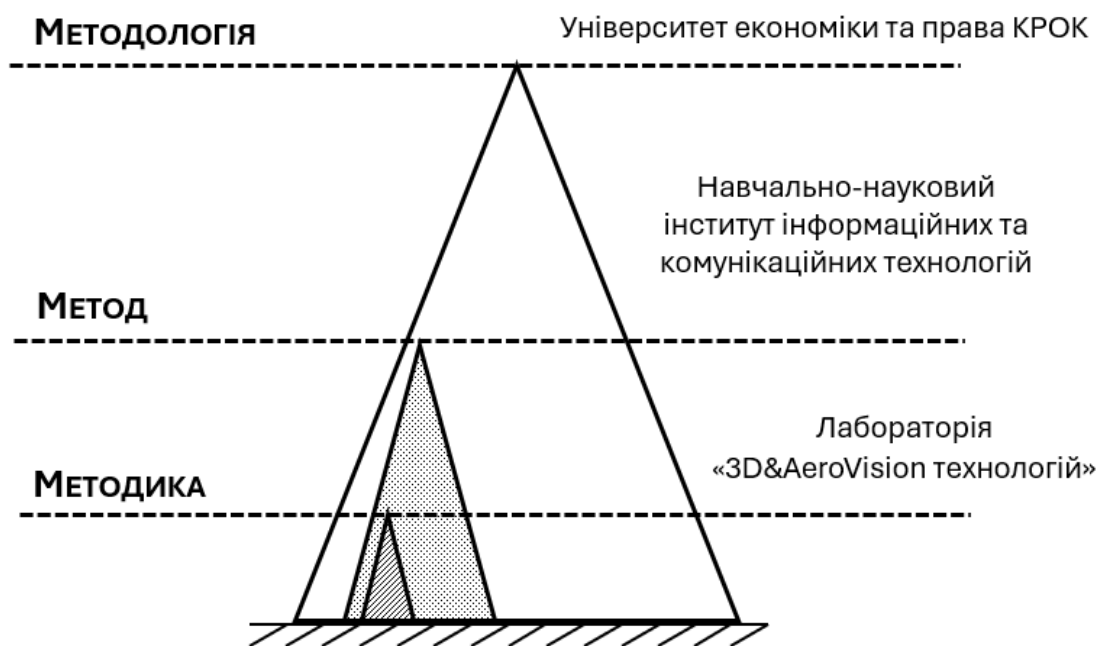


Рисунок 1.1. – «Піраміда 3М»

Джерело: розроблено автором

На методологічному рівні перебуває університет, який визначає стратегію розвитку, місію та цінності, формує загальні принципи управління. Методовизначальний рівень представлений навчально-науковим інститутом інформаційних та комунікаційних технологій, що розробляє напрями підготовки фахівців за освітніми програмами «Комп’ютерні науки» та «Agile-технології розробки програмного забезпечення» і визначає методи організації навчального процесу. На методичному рівні функціонує лабораторія «3D&AeroVision технологій», де практично реалізуються методи через розробку проєктів, дослідницьку діяльність і впровадження технологічних рішень. Таким чином, модель «Піраміда 3М» демонструє узгодженість між стратегічним,

організаційним і практичним рівнями діяльності університету, забезпечуючи цілісність системи.

Відповідно до системного підходу, кожний рівень організаційної структури передбачає наявність власної стратегії та методологічного ядра, але в Університеті «КРОК» стратегічні та методологічні засади представлені лише на рівні всієї організації. Це формує загальну орієнтацію діяльності університету, забезпечує інтеграцію підрозділів у єдину систему та визначає принципи координації й взаємодії між різними складовими освітньо-наукового середовища.

Місія Університету «КРОК» полягає у створенні гнучкої інноваційної освітньої системи для підготовки професіоналів, особистісного розвитку, наукових досліджень та консалтингу, адекватної вимогам інформаційного суспільства, потребам міжнародного і національного ринків праці, інтегрованої в світовий освітній простір та орієнтованої на демократичні цінності [3].

Організаційна культура Університету «КРОК» характеризується відкритістю, партнерською взаємодією та орієнтацією на розвиток особистості. На офіційному сайті «Про КРОК» зазначено, що система управління якістю університету відповідає національному стандарту ISO 9001:2015, що підтверджує спрямованість закладу на стандартизацію, прозорість і високі вимоги до якості [4]. Основою корпоративної культури є орієнтація на розвиток людини як активного учасника освітнього процесу, а саме: студента, викладача чи співробітника. Університет підтримує ініціативи, що спрямовані на розвиток критичного мислення, лідерських якостей, відповідальності та професійної компетентності. Важливою складовою є антикорупційна позиція закладу, реалізована через принципи прозорості, чесності та справедливості. В Університеті «КРОК» сформовано модель організаційної культури, де цінується кожен учасник освітнього процесу та створюються умови для його професійного і особистісного зростання.

Політика Університету «КРОК» ґрунтується на системі принципів, що визначають зміст його освітньої, наукової та організаційної політики. До них належать академічна свобода, справедливість, компетентність, чесність,

відповідальність, відкритість, якість, конкурентоздатність, мобільність, партнерство та інтернаціоналізація [3]. Принципи визначають стандарти взаємодії всіх учасників освітнього процесу, гарантують єдність стратегічних і операційних рішень та знаходять відображення в організаційній культурі.

Стратегія Університету «КРОК» формується на основі стратегічних цілей. До них належать сталий розвиток, підвищення якості освіти, підтримка інновацій та розвиток STEM+ освіти, фінансова стійкість та безпека, розвиток наукових досліджень, інтернаціоналізація освіти та наукових досліджень [5].

Розробка продукту для лабораторії «3D&AeroVision технологій» є складовою реалізації стратегічної цілі Університету «КРОК» «Підтримка інновацій та розвиток STEM+ освіти».

Бачення Університету «КРОК» полягає у розвитку сучасного інноваційного та практикоорієнтованого середовища, яке формує конкурентоспроможних фахівців, здатних створювати цінність для бізнесу й суспільства.

Отже, організаційна структура та стратегічні підходи Університету «КРОК» створюють умови для ефективного поєднання навчання, наукової діяльності та практичної роботи студентів. Лабораторія «3D&AeroVision технологій» забезпечує платформу для реалізації проєктних завдань, де здобувачі вищої освіти можуть застосовувати набуті знання, розвивати професійні навички та отримувати досвід у реальних умовах.

Вимоги до функціонування лабораторії формуються та залежать від особливостей її користувачів. Цільова аудиторія лабораторії «3D&AeroVision технологій» охоплює три сегменти користувачів, потреби та поведінкові особливості яких формують вимоги до її діяльності.

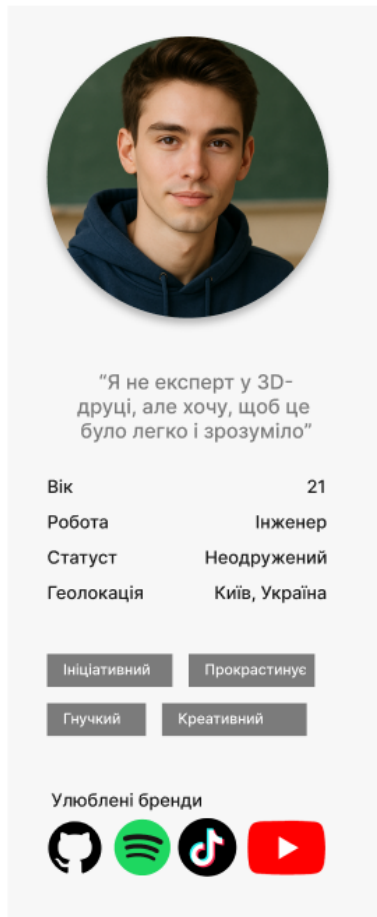
До першого сегменту належать студенти технічних спеціальностей, що працюють з готовими моделями. Для здобувачів вищої освіти 3D-друк є складовою навчальних дисциплін, проєктів або інженерних розробок. Важливим для даного сегменту користувачів є потреба отримати друк у визначені терміни через наявність дедлайнів у навчальних дисциплінах чи творчих проєктах та

цінною є можливість отримати консультації щодо параметрів, моделюванні друку, технічна консультація по спеціалізованим програмам.

До другого сегменту відносяться педагогічні та науково-педагогічні працівники, які використовують 3D-друк у проведенні заходів, рекламних цілях, лабораторних та практичних занять. Важливою особливістю для цієї групи цільової аудиторії є зручна комунікація з лабораторією, відповідність моделі та точність виготовлення, дотриманні строків, адже матеріали часто потрібні до конкретного заняття або наукового заходу.

Третій сегмент становлять зовнішні користувачі: фізичні особи та організації. Вони замовляють 3D-друк для створення прототипів, деталей, малосерійного виробництва виробів на замовлення. Для зовнішніх користувачів важливими є такі характеристики послуг лабораторії, як точність виготовлення, якість, відповідність технічним параметрам, передбачуваність термінів та можливість консультацій щодо оптимізації моделей.

Серед визначених сегментів цільової аудиторії студенти технічних спеціальностей становлять найбільш чисельну та активну групу цільової аудиторії, бо вони є ядром освітнього процесу. Для більш глибокого детального його характеристик, потреб і очікувань сформовано узагальнений портрет представника цільової аудиторії, що дозволяє чіткіше визначити вимоги до функціоналу та інтерфейсу вебсайту. Розроблена User persona (рис.1.2) відображає больові точки, потреби, цілі, поведінкові особливості.



USER PERSONA

Ігор Коваленко

Про себе


Ігор Коваленко студент спеціальності "Комп'ютерні науки" в Університеті "КРОК". Захоплюється програмуванням. Має базові знання з 3D друку та навички роботи в Blender, і постійно прагне вдосконалювати свої вміння, вивчати нові техніки і експериментувати з різними проєктами. Вважає, що поєднання комп'ютерних наук і творчого підходу відкриває багато перспектив для розвитку і кар'єрного росту. Його мета перетворювати ідеї на реальні, корисні продукти й реалізовувати себе у сфері IT

"Я не експерт у 3D-друці, але хочу, щоб це було легко і зрозуміло"

Вік: 21
Робота: Інженер
Статус: Неодружений
Геолокація: Київ, Україна

Ініціативний | Прокрастинуює
Гнучкий | Креативний

Улюблені бренди



Цілі

- швидко та просто замовити 3D друк для свого навчального проєкту, хобі чи стартапу

Больові точки

- немає часу чекати відповіді від працівників - хоче автоматизацію
- обмежений бюджет. Студент не може дозволити собі переплати та хоче знати вартість заздалегідь
- незрозумілий або складний процес замовлення на інших сайтах

Потреби

- простий і зрозумілий інтерфейс замовлення, орієнтований на новачків
- онлайн калькулятор, який покаже точну ціну одразу після завантаження моделі
- особистий кабінет для збереження замовлень, відстеження їх статусу

Особистість

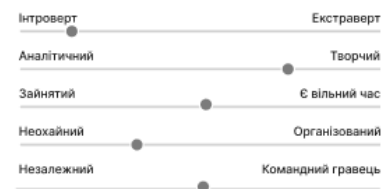


Рисунок 1.2 – User persona

Джерело: розроблено автором

Узагальнюючи проведений аналіз діяльності лабораторії, результати було структуровано за допомогою інструменту Business Model Canvas (рис 1.3). Сформована модель відображає ключові елементи діяльності лабораторії, що стосуються особливості надання послуг, залучених ресурсів, характеру взаємодії з різними категоріями користувачів, ціннісну пропозицію, витрати та доходи.

На основі Business Model Canvas було виявлено що лабораторія «3D&AeroVision технологій» має декілька комунікаційних каналів, а саме соціальні мережі, рекомендації викладачів і студентів, участь у внутрішніх заходах та презентаціях, особисті звернення до завідувача лабораторії. Проте існуючі канали не забезпечують стабільного потоку звернень та не створюють достатнього рівня впізнаваності сервісу серед потенційних користувачів.

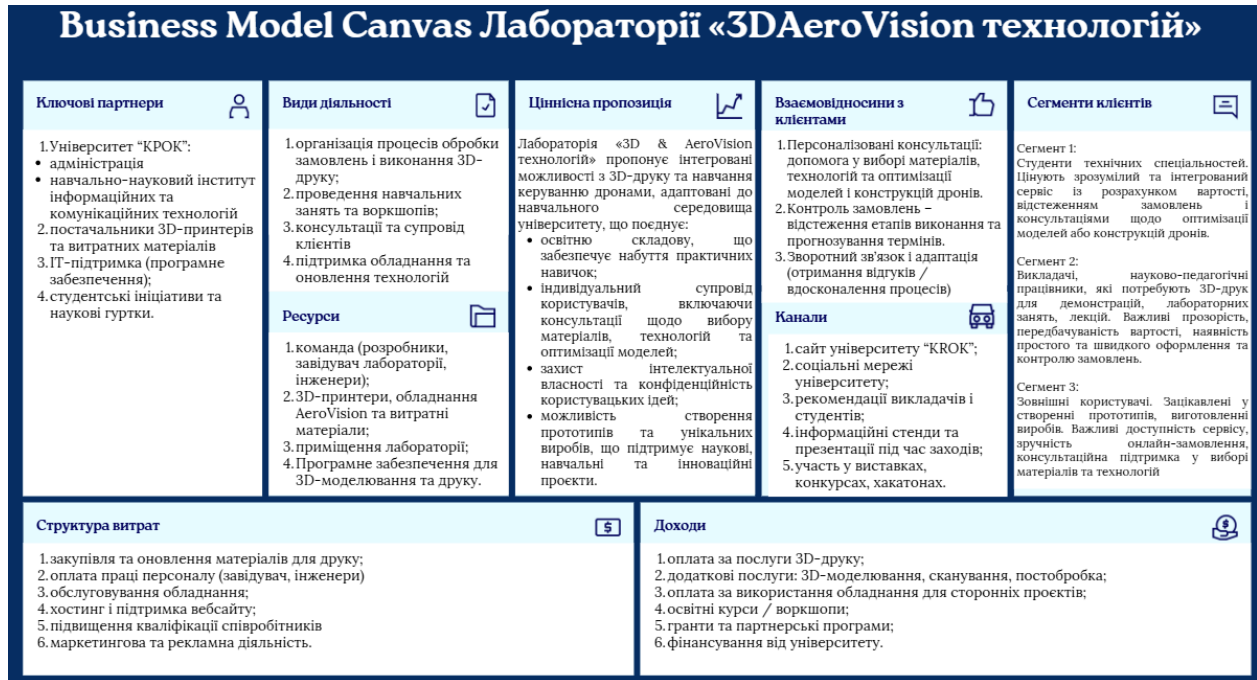


Рисунок 1.3 – Business Model Canvas

Джерело: розроблено автором

Також у процесі опрацювання інформації про діяльність лабораторії «3D&AeroVision технологій» виявлено низку труднощів, що стосуються як споживачів послуг, так і завідувача лабораторії, відповідального за організацію та виконання замовлень 3D-друку. Узагальнена характеристика проблем з точки зору дискомфорту проектних ролей наведена у табл. 1.1.

Наявність дискомфорту мають системний характер і пов'язані з низьким рівнем автоматизації лабораторії, відсутністю централізованої платформи для подачі замовлень та недостатньою комунікацією між учасниками процесу. Невпорядкований облік ресурсів ускладнює планування завантаження обладнання, підвищує ризик помилок і збільшує тривалість операцій.

Для клієнтів ключовими труднощами є відсутність онлайн-калькулятора, інформації про терміни виконання та можливості відстежувати статус замовлення, що знижує довіру до сервісу. Це зумовлює необхідність впровадження єдиного сервісу, що об'єднає ключові процеси та підвищить зручність як для користувачів, так і для працівників лабораторії.

Таблиця 1.1 - Опис проблеми проєкту з точки зору дискомфорту проєктної ролі

№	Проектна роль	Що зараз викликає дискомфорт? (загалом)	Індикатори для опису очікуваного результату проєкту		
			Назва індикатора	Значення для опису дискомфорту (на даний момент)	Значення для опису комфорту
1	Споживач	немає можливості самостійно розрахувати вартість замовлення	наявність онлайн-калькулятора	відсутній	присутній, працює за 2–3 кліки
		довгий час очікування відповіді на запит	час відповіді підтримки	>48 год	<2 год
		відсутня повна інформація про матеріали, ціни та терміни виконання	повнота інформації	часткова / відсутня	повна (матеріали, ціни, терміни)
		складно знайти потрібну модель для друку серед доступних опцій	час пошуку моделі	>10 хв	<2 хв
2	Завідувач лабораторії	обробка замовлень вручну займає багато часу	кількість операцій вручну	80% операцій вручну	≤20% вручну
		складність у відстеженні статусу замовлення	прозорість процесу виконання	відсутня історія виконання	автоматичне відображення етапів виконання у системі
		відсутність єдиної системи для прийому замовлень (замовлення надходять через пошту, месенджери, усно)	централізація прийому замовлень	3–4 різних канали подачі заявок	єдина онлайн-платформа для всіх заявок
		складність у відстеженні статистики та звітності	час на формування звіту	2–3 години на підготовку	до 15 хвилин

Відповіддю на наявність дискомфортив розглянуто п'ять альтернативних рішень для організації процесу замовлень: Google Форма, вебсайт, Telegram-бот, мобільний додаток, обробка замовлень через електронну пошту.

Для оцінки запропонованих альтернатив застосовано метод зважених сум [6], що належить до групи багатокритеріальних методів прийняття рішень. Суть підходу полягає у визначенні ключових критеріїв оцінювання, наданні їм вагових коефіцієнтів залежно від важливості, а також у виставленні балів для

кожної з альтернатив. Подальший розрахунок інтегрального показника здійснювався шляхом множення значення оцінки на відповідний ваговий коефіцієнт і підсумовування отриманих вагових балів. Використання даного методу дозволило обґрунтовано порівняти альтернативи та визначити найбільш доцільний варіант. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.2.

Аналіз показує, що вебсайт має найвищий інтегральний бал, що пояснюється поєднанням мінімальним часом оформлення замовлення, високим рівнем автоматизації процесів, широким функціоналом. Дана конфігурація дозволяє забезпечити взаємодію між користувачами та персоналом.

Ручні методи обробки замовлень, такі як Google Форма та Email, демонструють переваги у швидкості початкового впровадження та мінімальним технічним вимогам для старту використання. Але їх застосування обмежене через значні трудові витрати персоналу на обробку кожного замовлення, високий ризик помилок при ручному введенні та функціонал.

Telegram-бот і мобільний додаток демонструють близькі до вебсайту результати завдяки частковій автоматизації та зручності використання. Проте telegram-бот обмежений у масштабуванні, мобільний додаток вимагає значних ресурсів на розробку і підтримку, що знижує їх доцільність на поточному етапі. Водночас обидва варіанти є перспективними напрямками розвитку цифрових сервісів лабораторії.

Отже, багатокритеріальна оцінка підтверджує, що вебсайт є найбільш збалансованим рішенням, яке відповідає потребам лабораторії.

Однак формування вимог залежить не лише від користувачів, а й від умов ринку, де лабораторія конкурує з іншими постачальниками послуг 3D-друку. У зв'язку з цим доцільним є проведення аналізу конкурентів, який дозволить виявити сильні та слабкі сторони існуючих рішень і уточнити вимоги до вебсайту.

Таблиця 1.2 - Порівняння альтернативних каналів оформлення замовлень 3D-друку

№	Критерій оцінки	Ваговий коефіцієнт	Альтернативи														
			A1 Google Форма			A2 Вебсайт			A3 Телеграм-бот			A4 Email			A5 Мобільний додаток		
			Абсолютне значення	Оцінка	Ваговий бал	Абсолютне значення	Оцінка	Ваговий бал	Абсолютне значення	Оцінка	Ваговий бал	Абсолютне значення	Оцінка	Ваговий бал	Абсолютне значення	Оцінка	Ваговий бал
1	Час на реалізацію (години)	0,2	3-6 год.	5	1,00	80-150 год.	3	0,60	10-20 год.	4	0,80	2-5 год.	5	1,00	200-400 год.	1	0,20
2	Час на оформлення замовлення користувачем (хв)	0,2	8-10 хв.	1	0,20	4-7 хв.	5	1,00	4-7 хв.	5	1	8-10 хв.	1	0,20	4-7 хв.	5	1,00
3	Час на обробку замовлення працівником (хв)	0,2	15-20 хв	1	0,20	3-5 хв.	5	1,00	7-10 хв.	3	0,6	15-20 хв	1	0,20	3-5 хв.	5	1,00
4	Автоматизація процесів	0,15	ручна	1	0,15	автоматизована	3	0,45	автоматизована	3	0,45	ручна	1	0,15	автоматизована	3	0,45
5	Функціональність	0,1	низька	1	0,10	висока	5	0,50	середня	3	0,30	низька	1	0,10	висока	5	0,50
6	Вартість підтримки	0,15	низька	5	0,75	середня	3	0,45	середня	3	0,45	низька	5	0,75	середня	3	0,45
	Загальний	1			2,40			4,00			3,60			2,40			3,60

В українських університетах діють лабораторії, що застосовують технології 3D-друку, які застосовуються переважно у навчанні і не орієнтовані на надання послуг зовнішнім користувачам. Наприклад, у Київському національному університеті будівництва і архітектури 3D-друк використовується переважно для наукових експериментів, зокрема у сфері створення будівельних матеріалів та конструкцій [7]. У Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» функціонує FabLab [8], де студенти та викладачі можуть працювати з 3D-принтерами та іншими цифровими інструментами.

Перелічені університетські лабораторії поки не позиціонують себе як сервісні центри та не пропонують цифрових рішень, що дозволяють оформлювати замовлення, управляти чергою робіт чи здійснювати автоматичний розрахунок вартості. Це створює нішу, фактично вільну від прямих конкурентів, і підсилює унікальність проєкту. Але варто зазначити, що відсутність прямої конкуренції серед університетів не означає відсутності ринку. Значну частину конкурентів формують комерційні компанії. Них належать 3DDevice [9], 3DWAY [10], EASY3DPRINT [11], 3DREAMS [12], які пропонують широкий спектр матеріалів, технологій та додаткових послуг. Детальний аналіз перелічених конкурентів наведений у табл. 1.3.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна констатувати, що розглянуті компанії представляють собою розвинені комерційні структури, які пропонують широкий спектр послуг адитивного виробництва. Їх діяльність характеризується наявністю комплексних послуг повного циклу, великою кількістю демонстраційних прикладів та використанням інструментів онлайн-взаємодії із користувачами. Разом із тим, виявлено низку недоліків, а саме: перевантаженість інтерфейсів окремих сайтів, відсутність повної інформації про матеріали та параметри друку, складність навігації, відсутність особистого кабінету користувача. Виявлені сильні та слабкі сторони формують орієнтири ринку й визначають очікування користувачів у сфері 3D-друку.

Таблиця 1.3 – Аналіз конкурентів

Конкуренти	Назва компанії та посилання	Ключові функції	Кількість вебплатформи трафіку / листопад 2025 р. (SimilarWeb) [13]	Присутність у соціальних мережах (залінкувати, якщо такі є)	Переваги продукту	Недоліки продукту
Конкурент 1	EASY3DPRINT https://easy3dprint.com.ua	FDM, SLA/DLP, SLS, 3D-сканування, моделювання, лиття, постобробка, продаж принтерів та пластиків	38535 відвідувань	Facebook , Instagram	широкий вибір технологій друку, комплексні послуги (від моделювання до постобробки), продаж матеріалів	інтерфейс сайту складний для швидкого пошуку едостатня кількості прикладів робіт ідеусутність інтерактивних калькуляторів вартості
Конкурент 2	3Ddevice https://3ddevice.com.ua	FDM/SLA/Full-color/SLS, мед/ювелірний друк, 3D-сканування, моделювання, продаж принтерів та матеріалів	36053 відвідувань	Facebook , Instagram , Twitter , YouTube	великий вибір технологій, включно з кольоровим друком, широкий асортимент послуг	складна навігація через велику кількість категорій, довга процедура оформлення замовлення, деякі сторінки завантажуються повільно
Конкурент 3	3DREAMS https://3dreams.com.ua	FDM та SLA-друк, продаж принтерів (Prusa, MakerBot), матеріалів, онлайн-калькулятор вартості	27676 відвідувань	Instagram , Facebook , YouTube	зручний онлайн-калькулятор вартості; популярні бренди принтерів, простий і зрозумілий дизайн сайту	обмежена кількість технологій друку (немає SLS); мінімум додаткових сервісів, відсутність детальної інформації про матеріали
Конкурент 4	3DWAY https://3dway.com.ua	3D-друк (FDM, SLA/DLP), 3D-сканування, моделювання, реверс-інжиніринг, постобробка, силіконове лиття	4832 відвідувань	Instagram , YouTube , TikTok , Behance Facebook	унікальні послуги (силіконове лиття), широкий спектр 3D-послуг, акцент на творчі проекти	низький трафік, сайт не адаптований для мобільних пристроїв, недостатньо інформації про ціни, складна структура меню

1.2 Постановка цілей та завдань проєкту

Управління проєктом передбачає чітке формулювання його цілей, що визначають очікувані результати та орієнтири для подальших дій. Для формулювання цілей даного проєкту було використано метод SMART, що базується на п'яти ключових характеристиках: Specific (конкретність), Measurable (вимірюваність), Achievable (досяжність), Relevant (релевантність) та Time-bound (обмеженість у часі) [14]. Він дозволяє конкретизувати цілі проєкту, визначити критерії оцінювання їх досягнення, а також перевірити реалістичність і доцільність запланованих результатів. Застосування цього підходу дає змогу перевести загальну мету на систему чітко визначених і контрольованих завдань.

Мета проєкту за методом SMART полягає в розробці функціонального вебсайту для замовлень 3D-друку протягом шести тижнів, який забезпечує обробку не менше 100 замовлень на місяць, з метою автоматизації процесу прийому та виконання замовлень у лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК».

На рис. 1.4 подано структуру SMART методу за проєктом, у якій розкрито зміст кожного компонента методу щодо поставленого завдання.



Рисунок 1.4. – Структура проєкту за методом SMART

Джерело: розроблено автором

Після постановки SMART-цілей наступним кроком стало уточнення концепції продукту. Для цього було використано інструменти Product Vision Board та Value Proposition Canvas.

Product Vision Board, зображений на рис 1.5., дозволив структурувати ключові елементи продукту, що дало змогу поєднати очікувані результати проєкту з реальними потребами користувачів та завданнями лабораторії. Визначено, що вебсайт повинен спростити процеси взаємодії із замовниками, автоматизувати процеси лабораторії та сприяти розвитку комерційної складової.

THE PRODUCT VISION BOARD

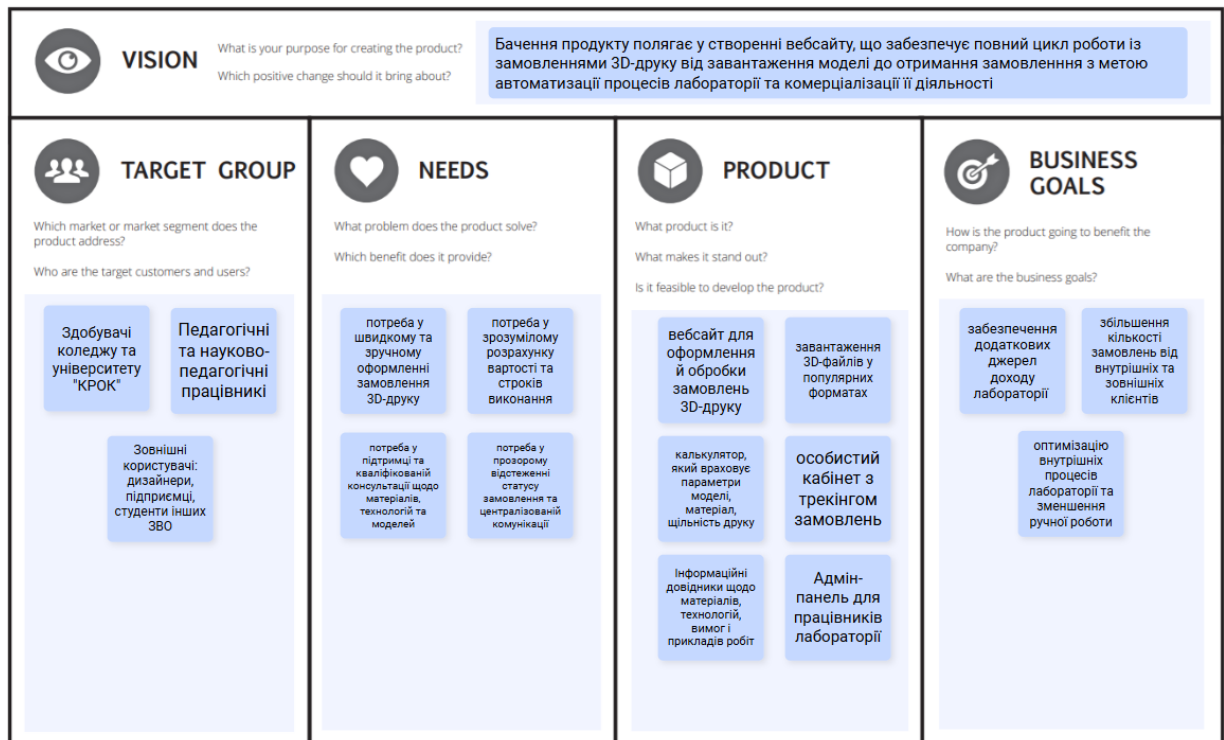


Рисунок 1.5 – Product Vision Board

Джерело: розроблено автором

Value Proposition Canvas, наведений на рис. 1.6, деталізував цю концепцію та показав, взаємозв'язок між потенційним користувачем продукту та рішеннями, які пропонує продукт, як саме вебсайт буде реагувати на реальні потреби користувачів. На їх основі стало очевидним, що найбільшу цінність для користувачів забезпечує можливість швидкого подання

замовлення, розрахунку вартості, отримання інформації про матеріали й технології та відстеження статусу виконання.

У проєкті ці потреби трансформуються в конкретні рішення, де вебсайт:

- забезпечує подання замовлення через електронну форму, що усуває необхідність особистих звернень та скорочує час комунікації;
- реалізує автоматичне калькулювання вартості на основі моделі та обраних параметрів,
- містить довідковий модуль із характеристиками технологій друку, що дозволяє користувачу самостійно обрати найкращий варіант;
- включає механізм відстеження статусу замовлення, завдяки якому усувається потреба у додаткових уточненнях.

Таким чином, вебсайт інтегрує набір інструментів, які закривають визначені проблеми користувачів.

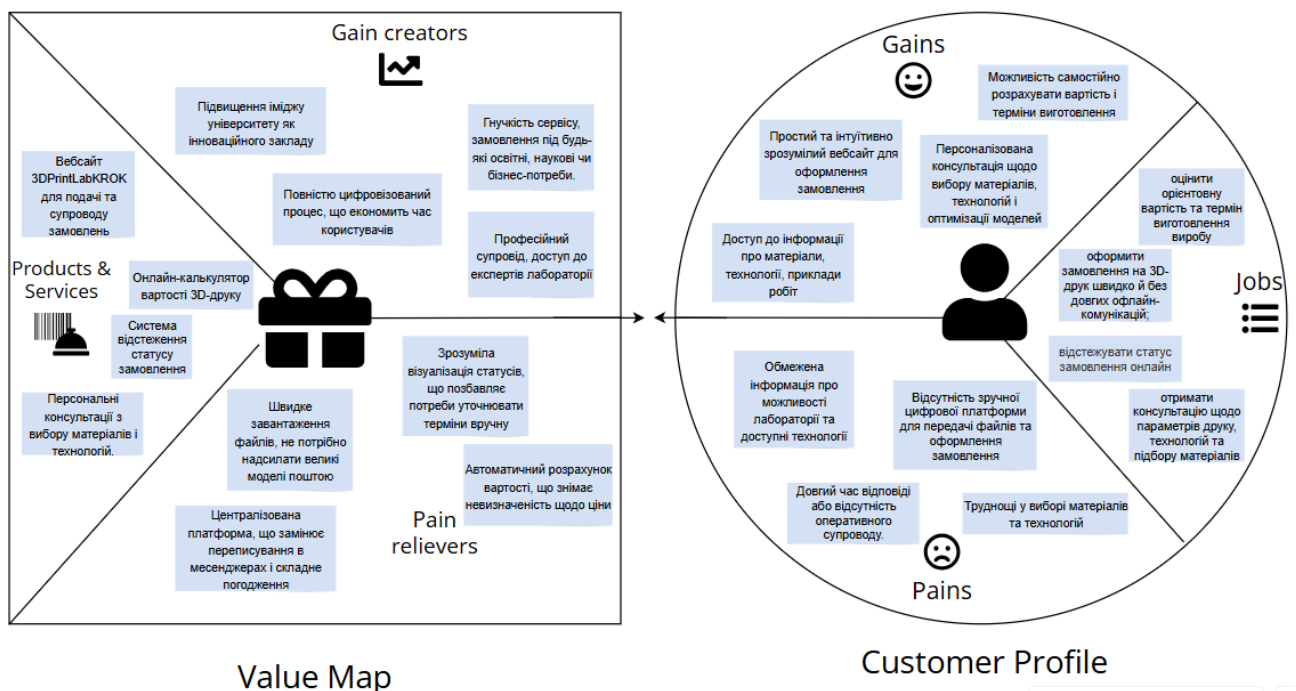


Рисунок 1.6 – Value Proposition Canvas

Джерело: розроблено автором

Отже, обрані інструменти конкретизували, яким потребам відповідає вебсайт та які функції є для нього пріоритетними. Результати, отримані на

основі рисунків стали підґрунтям для формування вимог до продукту та його майбутньої архітектури.

1.3 Визначення вимог до продукту

Для переходу до проектування вебсайту спочатку необхідно визначити бізнес-вимоги, що агрегують ключові потреби лабораторії та окреслюють функції, реалізація яких є критичною для досягнення поставлених цілей. До них належить комерціалізація діяльності лабораторії, тобто у використанні її можливостей не лише в межах навчального процесу, а й для надання послуг замовникам з метою отримання додаткових доходів та розширення кількості замовлень. Другою важливою бізнес-вимогою є автоматизація операційних процесів, що забезпечує підвищення ефективності роботи лабораторії, зменшення часу на оброблення звернень, мінімізацію рутинних дій та покращує взаємодію між користувачем і працівниками лабораторії.

Для їх досягнення необхідно сформувавши повний перелік вимог до продукту, які охоплюють визначення функціональних та нефункціональних вимог, опис історій користувачів (user stories), моделювання сценаріїв взаємодії у вигляді use case, а також уточнення вхідних і вихідних даних, необхідних для коректної роботи вебсайту.

Функціональні вимоги визначають перелік основних операцій та сервісів, які реалізує вебсайт лабораторії «3D&AeroVision технологій». До них належать:

- приймання замовлень на 3D-друк через електронну форму;
- автоматизований розрахунок вартості друку на основі параметрів моделі, обраного матеріалу, цільності друку;
- завантаження та зберігання файлів 3D-моделей (STL/OBJ);
- відображення актуального статусу виконання замовлення;
- забезпечення можливості отримання сповіщень про зміни статусу;
- доступ до адміністративної панелі для оброблення замовлень, зміни їх статусів та взаємодії з користувачами;

- представлення інформації про діяльність лабораторії, тарифи, умови співпраці та контактні дані;
- можливість залишити запитання, уточнення, запит на консультацію через форму зворотного зв'язку;
- перегляд виконаних робіт та формування звітів діяльності лабораторії для внутрішнього аудиту.

Наступними сформовані нефункціональні вимоги, які визначають якісні характеристики вебсайту та параметри його коректної, безпечної й стабільної роботи:

- швидке завантаження основних сторінок;
- захищений обмін інформацією, контроль доступу до адміністрування та дотримання вимог щодо захисту персональних даних;
- коректне відображення та функціонування у сучасних браузерів і на різних типах пристроїв;
- можливість подальшого розширення функціональності без суттєвих змін архітектури;
- стабільність роботи вебсайту та коректне збереження переданих даних і файлів моделей.

Сформовані функціональні та нефункціональні вимоги задають загальну структуру та якісні характеристики майбутнього вебсайту. Але для точного визначення очікувань користувачів, джерел труднощів та реальних сценаріїв взаємодії із сервісом необхідно дослідити повний шлях користувача від моменту виникнення потреби до отримання результату.

З цією метою було побудовано мапу подорожі клієнта (рис 1.7), що відображає ключові етапи отримання послуги 3D-друку від пошуку інформації до отримання готового виробу. CJM дозволила ідентифікувати больові точки, точки дотику, дії користувача, його досвід та запропоноване рішення, що стало основою для формування вимог до майбутнього вебсайту та розроблення User Stories.

Customer Journey Map – 3DPrintLab KROK

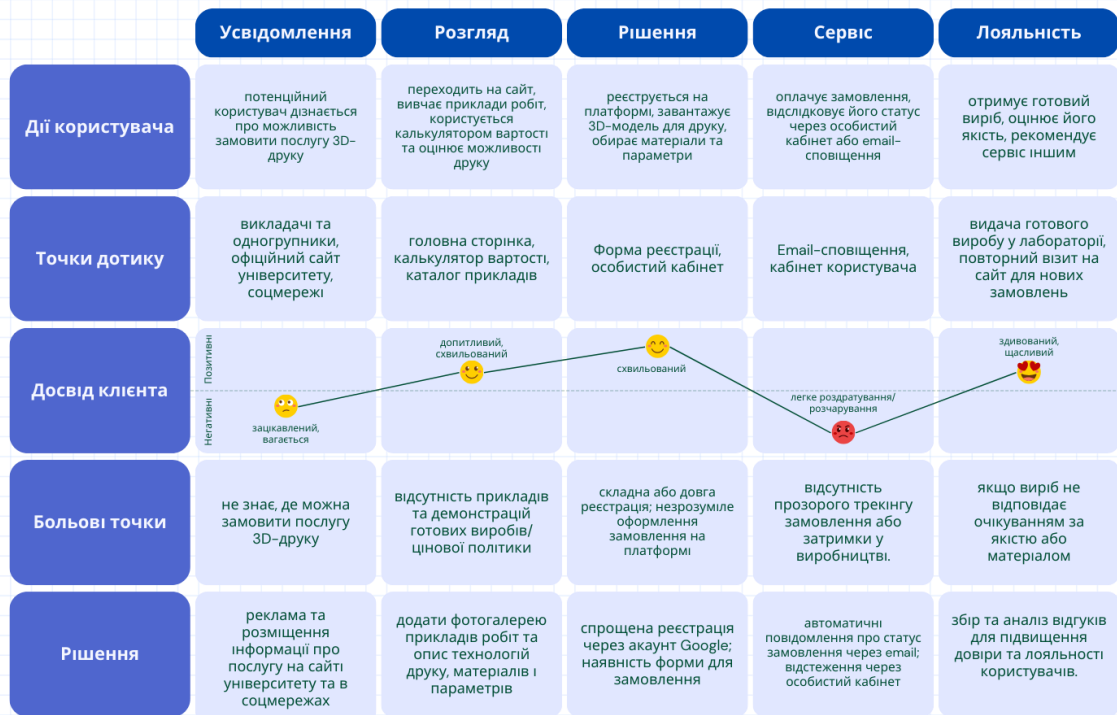


Рисунок 1.7 – Customer Journey Map

Джерело: розроблено автором

Далі після були сформовані user stories за структурою: як ... я хочу ... для того, щоб ...). Повний перелік сформованих історій користувачів наведено в Додатку А. User Stories окреслюють потреби та очікування користувача на високому рівні, однак для подальшого проектування необхідно представити їх у вигляді формалізованих сценаріїв роботи системи.

З цією метою було побудовано діаграму Use Case, що зображена на рис.1.8. Діаграма відображає сценарії використання вебсайту, показуючи взаємодію між ключовими акторами (користувачем, адміністратором) і основними функціональними модулями. До ключових сценаріїв належать оформлення замовлення на 3D-друк, завантаження файлу моделі, отримання розрахунку вартості, перегляд статусу виконання та історії замовлень, а також здійснення адміністрування заявок зі сторони завідувача лабораторії.

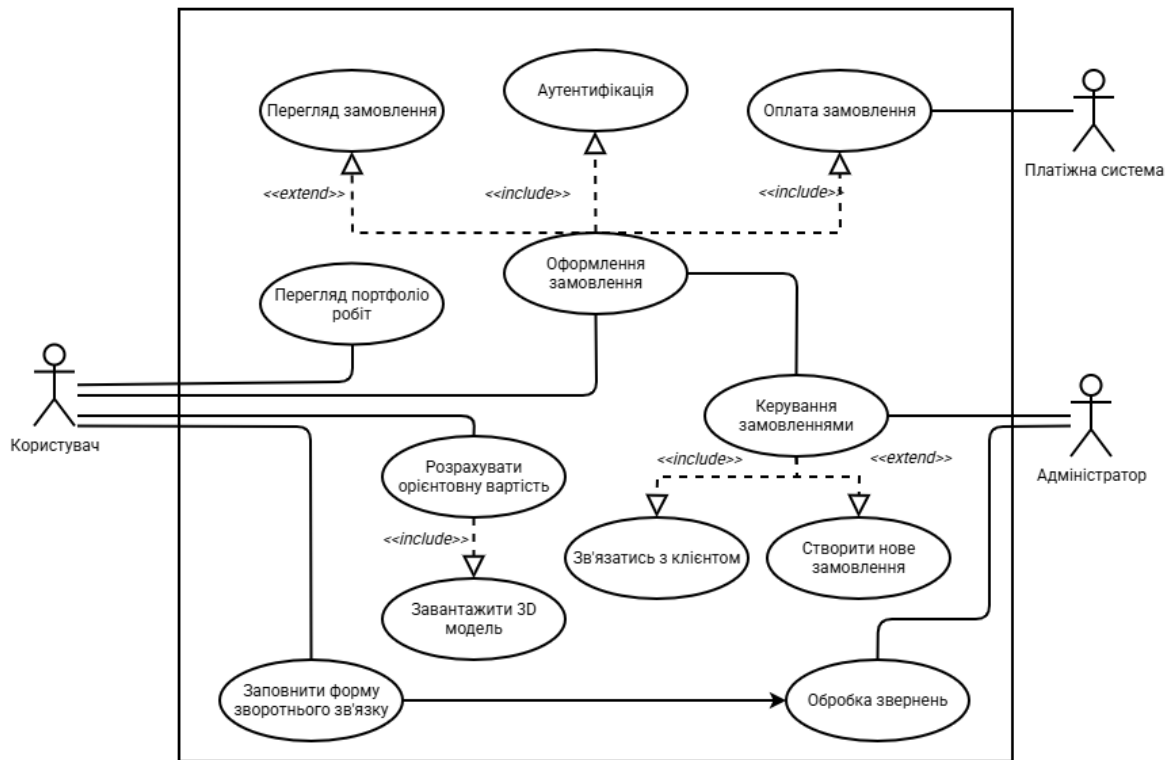


Рисунок 1.8 – Use case для вебсайту лабораторії

Джерело: розроблено автором

Описані сценарії взаємодії в Use Case моделі визначають, яку інформацію система повинна отримувати від користувача та адміністратора, а також які дані вона має повертати у відповідь. Відповідно до цього формуються вхідні та вихідні дані вебсайту, що забезпечують його повноцінну роботу.

До вхідних даних належать реєстраційні та облікові дані користувача (email, ПІБ, номер телефону), файл 3D-моделі для друку у форматі STL/OBJ, параметри друку (колір, матеріал, щільність друку, розміри моделі, коментарі до замовлення), дані форми зворотного зв'язку (повідомлення, пропозиції, запитання), інформація про отримання замовлення (самовивіз чи відправлення ТОВ «Нова пошта»)

Вихідні дані розділено на ті, що відображаються користувачу та адміністратору системи. Для користувача вебсайту це інформація про підтвердження прийому замовлення, поточний статус замовлення, історія замовлень, тривалість виготовлення замовлення, вартість 3D-друку. Для

адміністратора відповідно перелік та дані по кожному замовленню, контактна інформація користувача для зв'язку, файли 3D-моделей для друку, звіти діяльності лабораторії за обраний період.

Урахування зазначених вхідних та вихідних даних визначає інформаційну структуру вебсайту та демонструє ключові процеси, які система має підтримувати. Варто відзначити, що розробка вебсайту для лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК» має й корпоративні обмеження. Продукт має відповідати вимогам брендбуку університету [15], що визначає корпоративні кольори, типографіку, правила використання фірмових стилістичних елементів.

Таким чином, на основі поставлених бізнес-вимог, описаних функціональних та нефункціональних вимог, історій користувачів, сценаріїв використання системи, інформаційних потоків та корпоративних обмежень сформовано повний комплекс вимог до продукту, який є основою для подальшого проектування вебсайту.

Висновки до першого розділу

У першому розділі кваліфікаційної роботи визначено предметну область, проведено аналіз діяльності лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК», визначено цільову аудиторію та проаналізовано конкурентів, що структуровано у Business Model Canvas. Здійснено аналіз дискомфортив проектних ролей, що дозволив обґрунтувати доцільність створення вебсайту як одного запропонованих рішень. Визначено цілі за методом SMART, описано концепцію продукту з використанням інструментів Product Vision Board та Value Proposition Canvas. Сформульовано вимоги до продукту, які є основою для гнучкого управління розробкою продукту.

РОЗДІЛ 2

ГНУЧКЕ УПРАВЛІННЯ СТВОРЕННЯМ ВЕБСАЙТУ

2.1 Обґрунтування вибору фрейму гнучкого управління проектом

Проект створення вебсайту лабораторії «3D&AeroVision технологій» має динамічний характер, орієнтований на розв'язання конкретних завдань користувачів, що потребує гнучкості, швидкого реагування на уточнення вимог і можливості поступового нарощування функціоналу. З огляду на це застосування традиційних каскадних підходів є недоцільним, бо вони не відповідають особливостям розробки продукту, адже передбачають повне завершення одного етапу перед початком наступного [16].

Гнучкі методології управління проектами охоплюють низку фреймворків, що відрізняються підходами до планування, організації робіт та взаємодії команди. Найпоширенішими серед них є Scrum, Kanban, Extreme Programming (XP), Lean.

Для вибору фрейму гнучкого управління розробкою продукту було проведено порівняльний аналіз зазначених підходів за ключовими критеріями. До них було віднесено складність впровадження фреймворку, інтенсивність комунікацій, вимоги до команди. Результати аналізу наведено у табл. 2.1, що дало змогу визначити фреймворк, який відповідає специфіці проекту.

Таблиця 2.1 – Аналіз фреймів гнучкого управління

Фреймворк	Складність впровадження	Інтенсивність комунікацій	Вимоги до команди
Scrum	чітко визначені ролі (Scrum-майстер, власник продукту) та регламентовані події (спринти, мітинги) потребують помірних організаційних	регулярні зустрічі (щоденні стендапи, планування спринту, огляди, ретроспективи) забезпечують інтенсивну взаємодію команди та	команда повинна бути крос-функціональною та працювати під керівництвом Scrum-майстра й власника продукту. Рекомендований розмір команди

	змін при впровадженні	швидке вирішення проблем	не більше 10 осіб (Scrum Guide)
Kanban	легкий у впровадженні: не потребує введення нових ролей чи суттєвої реорганізації. Можна почати з існуючого процесу команди.	комунікація здійснюється переважно через візуалізацію роботи на Kanban-дошці; не потребує формальних регулярних зустрічей.	не вимагає спеціальних ролей. Розмір команди не регламентується; метод підходить для будь-яких команд. На практиці ефективним є розмір до 12–15 осіб.
XP (Extreme Programming)	вимагає застосування 12 практик інженерної культури (парне програмування, TDD, неперервна інтеграція тощо); часткове впровадження знижує ефективність.	постійна безпосередня комунікація, команда працює парами, щоденні зустрічі обговорення, замовник присутній і взаємодіє з командою на щоденній основі	команда має бути висококваліфікованою та дисциплінованою; необхідна повна відданість практикам XP і постійна присутність представника замовника для швидкого зворотного зв'язку. Невелика команда, зазвичай 2–12 осіб. XP найефективніший у малих колективах
Lean	набір принципів (усунення втрат, швидка поставка, оптимізація потоку); складність впровадження залежить від культури організації	підхід заохочує тісну співпрацю та швидкий зворотний зв'язок у команді, проте не встановлює формального розкладу щоденних зустрічей	не задає офіційно фіксованого розміру команди. На практиці Lean-команди зазвичай невеликі та крос-функціональні (5–7 осіб)

Проведений порівняльний аналіз засвідчив, що фреймворки Scrum, Kanban, XP та Lean суттєво відрізняються за обраними критеріями. Kanban і Lean є гнучкими та менш регламентованими підходами, проте вони не забезпечують чіткої структури процесу, регулярності комунікацій та визначеності ролей, що є критично важливим на ранніх етапах формування команди та організації роботи над новим ІТ-продуктом [17, 18]. XP, хоча й передбачає високу якість інженерних практик, висуває надмірні вимоги до дисципліни та кваліфікації команди, потребує постійної участі замовника [19].

Натомість Scrum забезпечує баланс між структурованістю, регулярною комунікацією, прозорістю процесу. Визначені ролі, регламентовані події та ітеративна модель розробки створюють умови для стабільного прогресу, своєчасного внесення змін до вимог і формування ефективної взаємодії між учасниками команди. Рекомендований розмір Scrum-команди (до 10 осіб) повністю відповідає чисельності команди проєкту [20].

Окремо варто підкреслити, що вибір фреймворку Scrum є найбільш доцільним з огляду на склад та рівень підготовки команди. Команда проєкту складається зі студентів чисельністю п'ять осіб, що відповідає розміру Scrum-команди та забезпечує можливість взаємодії в межах ітераційного процесу. Scrum створює передбачуване планування роботи завдяки регулярним подіям (дейлі, планування, огляд, ретроспектива), що є особливо важливим для команд із початковим або середнім досвідом командної діяльності, оскільки допомагає формувати дисципліну.

Для команди Scrum також є зручним завдяки чітко визначеному розподілу ролей та механізму поступового нарощування компетентностей: учасники отримують змогу взаємодіяти в реальних умовах, набуваючи навичок самоорганізації, планування, відповідальності за інкременти та об'єктивної оцінки власної роботи.

Ураховуючи зазначене, для реалізації проєкту було обрано фреймворк Scrum, оскільки він дає змогу своєчасно уточнювати вимоги, координувати роботу команди та відповідає завданням проєкту.

2.2 Планування проєкту з розробки вебсайту

Планування управління розробкою продукту розпочалося з вибору інструменту, здатного підтримувати процеси управління за фреймворком Scrum. Для реалізації проєкту використовувалось програмне забезпечення використовувалась Jira. Її перевагами є підтримка повного циклу в процесі розробки починаючи від формування беклогу до планування спринтів, оцінювання задач за story points, формування звітів для аналізу продуктивності. Jira дозволяє ефективно розподіляти навантаження між членами команди, відстежувати виконання задач у реальному часі та своєчасно реагувати на відхилення від плану.

Після вибору інструменту наступним етапом стало формування беклогу продукту, що є центральним артефактом у процесі гнучкого управління розробкою. Беклог створювався з метою систематизації всіх вимог до майбутнього вебсайту, визначення обсягу робіт та пріоритетності завдань. Командою було узгоджено, що основою для наповнення беклогу стануть історії користувачів, сформульовані у підрозділі 1.3 кваліфікаційної роботи (або Додаткок А), оскільки саме вони відображають очікування та практичні потреби кінцевих користувачів.

На основі аналізу історій користувачів було визначено три ключові епіки, що охоплюють основні напрями функціональності вебсайту «Оформлення замовлення», «Адміністрування лабораторії» та «Інформаційні сторінки вебсайту».

Перший епік був спрямований на створення базового інкременту продукту, який забезпечує можливість користувача пройти основний сценарій оформлення замовлення на 3D-друк. До беклогу спринту увійшли функції, що формують фундаментальну частину сервісу, а саме: модуль навігації, авторизація та реєстрація, форма подання заявки, завантаження 3D-моделей та отримання попереднього розрахунку вартості. Приклад першого епіка наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – епік «Оформлення замовлення»

Епік 1	Оформлення замовлення				
User Story	<i>Як користувач, я хочу оформити замовлення онлайн, заповнивши форму на сайті, щоб отримати послугу без додаткового листування</i>	<i>Як користувач, я хочу мати можливість зареєструватися та авторизуватися у системі, щоб отримувати персоналізований доступ до замовлень вебсайту</i>	<i>Як користувач, я хочу мати можливість завантажувати 3D-моделі у кількох форматах (STL, OBJ), щоб не витрачати час на додаткову конвертацію файлів</i>	<i>Як користувач, я хочу мати зручне меню навігації по сайту, щоб швидко переходити до потрібних розділів.</i>	<i>Як користувач, я хочу завантажити 3D-модель і отримати попередній розрахунок вартості, щоб оцінити бюджет замовлення</i>

Відповідно до підходу Scrum, кожен епік був спланований таким чином, щоб по кожному його завершенню була реалізована певний елемент продукту, який відповідає критеріям готовності (definition of done), пройшов тестування та може бути використаний або продемонстрований замовнику. Такий підхід забезпечує поетапне розширення можливостей вебсайту та дає можливість команді оцінювати прогрес після завершення кожного спринту.

Після завершення етапу планування усі історії користувачів були перенесені до програмного забезпечення Jira, де сформовано беклог продукту.

З урахуванням досвіду учасників команди складність завдань у Jira оцінювалася командою в story points за допомогою методу покер планування. Обраний метод передбачав поєднання індивідуальних експертних оцінок та подальшого командного узгодження діапазон яких становив від 1 до 8 залежно від технічної складності та трудомісткості конкретної user story.

Кожен учасник команди обирав значення складності з послідовності Фібоначчі (1, 2, 3, 5, 8), яка традиційно використовується в Agile для відображення зростання невизначеності зі збільшенням обсягу робіт. Після індивідуального вибору значень проводилось обговорення, що дозволяло визначити кінцеву оцінку, зменшити суб'єктивність і врахувати різні технічні погляди на складність завдань.

Після визначення складності завдань наступним етапом стало визначення пріоритетності завдань. Для цього використано систему класифікації пріоритетів, яка передбачає п'ять рівнів. Завдання з найвищим пріоритетом позначали критично важливі функції, без реалізації яких система не може виконувати базові операції. Високий пріоритет охоплювали завдання необхідні для коректного функціонування основних процесів вебсайту. Роботи з середнім пріоритетом забезпечували цілісність продукту, проте їхня реалізація могла бути перенесена на пізніші етапи. Низькі та найнижчі відповідно присвоювалися додатковим або другорядним функціям, які підвищують зручність користування чи розширюють можливості вебсайту, але не впливають на його ключову функціональність.

Фінальним етапом формування беклогу продукту став розподіл завдань між учасниками команди проекту. Команда проекту складається з 5 студентів, що навчаються в Університеті «КРОК» на освітній програмі «Комп'ютерні науки». Склад команди проекту наведений у табл 2.3.

Таблиця 2.3 - Склад команди проекту «3DPrintLabKROK»

Роль у проекті	Основні обов'язки
Backend Developer	Розробка серверної логіки, база даних, авторизація користувачів, зберігання 3D-файлів
Frontend Developer	Розробка користувацького інтерфейсу та інтерактивних елементів
Дизайнер UI/UX	Візуальний стиль інтерфейсу, оформлення елементів сайту
Frontend Developer / Technical Writer	Реалізація окремих компонентів інтерфейсу, підготовка технічної документації
Backend Developer / QA	Розробка серверної частини, тестування функціоналу, виправлення помилок

Сформований беклог продукту у Jira наведений на рис 2.1. З огляду на те, що тривалість реалізації проекту була обмежена шістьма тижнями, його планування передбачало поділ цього періоду на три спринти тривалістю два тижні кожен.

Backlog (17 work items)		47	0	0	Create sprint
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-17 Як користувач, я хочу мати зручне меню навігації по сайту, щоб швидко переходити до потрібних розділів.	todo	2		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-16 Як користувач, я хочу мати можливість завантажувати 3D-моделі у кількох форматах (STL, OBJ), щоб не витратити час на д...	todo	3		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-15 Як користувач, я хочу мати можливість поставити запитання через форму зворотного зв'язку, щоб швидко уточнити деталі	todo	3		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-14 Як користувач, я хочу завантажити 3D-модель і отримати попередній розрахунок вартості, щоб оцінити бюджет замовлення	todo	8		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-13 Як завідувач лабораторії, я хочу бачити всі отримані замовлення в єдиному інтерфейсі, щоб управляти чергою робіт	todo	5		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-12 Як завідувач, я хочу змінювати статус замовлення, щоб інформувати користувача	todo	5		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-10 Як користувач, я хочу переглянути інформацію про діяльність і досягнення лабораторії, щоб переконатися в її надійності	todo	2		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-9 Як користувач, я хочу бачити поточний статус свого замовлення (на розгляді, затверджено, в роботі, готово, видано), щоб ро...	todo	3		
<input checked="" type="checkbox"/>	SCRUM-8 Як користувач, я хочу мати особистий кабінет з історією моїх замовлень та їхнім статусом, щоб відслідковувати виконання й ...	todo	5		

Рисунок 2.1 - Беклог продукту

Джерело: розроблено автором

На основі сформованого беклогу продукту та визначених спринтів було побудовано дорожню карту реалізації проекту, яка відображає послідовність етапів розробки та очікувані результати кожного з них. Вона включає фазу підготовки, три двотижневі спринти розробки, завершальний етап (оцінювання інкременту та ретроспективу). Дорожня карта продукту зображена на рис. 2.1.



Рисунок 2.2 - Дорожня карта реалізації проекту (Roadmap)

Джерело: розроблено автором

Для визначення стратегії взаємодії із зацікавленими сторонами було побудовано матрицю стейкгоल्дерів за допомогою інструменту матриці «влади-інтересу». До ключових стейкгоल्дерів проекту належать завідувач лабораторії, директор навчально-наукового інституту інформаційних та комунікаційних технологій (ННІКТ), якому підпорядковується лабораторія «3D&AeroVision технологій», команда розробників та проєктний менеджер. Матриця стейкгоल्дерів наведена у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Матриця стейкгоल्дерів

Стейкгоल्дер	Роль у проєкті	Рівень впливу	Рівень інтересу	Стратегія взаємодії
Старчик Ігор Анатолійович	Замовник, завідувач лабораторії	Високий	Високий	регулярні зустрічі, уточнення вимог, демонстрації інкрементів
Мічківський Сергій Миколайович	Директор ННІКТ	Високий	Середній	періодичні звіти, стратегічна інформація
Команда розробників (здобувачі)	Виконавці робіт	Середній	Високий	щоденні стендапи, брифінги, рев'ю
Тимофєєва Катерина Володимирівна	Керівник проєкту	Високий	Високий	координація, планування, контроль якості

Обраний інструмент показав, що завідувач лабораторії та проєктний менеджер мають одночасно високий рівень впливу та інтересу, а тому потребують постійної участі в ухваленні рішень. Директор інституту характеризується високою владою та помірним інтересом, що відповідає стратегії. Команда розробників має високий інтерес, але обмежений вплив.

Завершення етапу планування забезпечило сформовану структуру завдань, визначені очікувані результати кожного спринту. Завдяки цьому було створено підґрунтя для переходу до етапу моніторингу й контролю виконання проєкту, де відбувається відстеження прогресу та аналіз отриманих результатів.

2.3 Моніторинг виконання проєкту

В Agile-підходах моніторинг виконання проєкту здійснюється безперервно, що узгоджується з принципами Agile Manifesto [19], де

підкреслюється важливість регулярної оцінки прогресу та адаптації планів до змінних умов. У Scrum моніторинг є інтегрованим у процес спринтів і реалізується через щоденні зустрічі, огляди інкрементів, оновлення беклогу та аналіз темпу роботи команди [20]. У проєкті відстеження виконання проєкту відбувалась з використанням Jira для відстеження виконання завдань, візуалізації прогресу та обчислення швидкості доставки цінності продукту.

Для моніторингу виконання завдань під час спринтів як інструмент використовувалась діаграма Burndown, яка відображала динаміку виконання запланованого обсягу робіт протягом спринту та дозволяла виявляти потенційні затримки.

На початку другого спринту (рис. 2.3) можна відстежити, що залишок робіт зменшується нерівномірно. На діаграмі червона лінія демонструє фактичний залишок невиконаних завдань, сіра лінія - лінійний прогноз рівномірного зменшення обсягу робіт до завершення спринту. Просте незначне відхилення на ранніх етапах не є критичним під час виконання завдань різної складності.

Діаграма використовувалась перш за все на щоденних 15-хвилинних стендапах для виявлення потенційних затримок, прийняття рішень щодо перерозподілу ресурсів або уточнення пріоритетів.



Рисунок 2.3 – Діаграма Burndown (початок 2 спринта)

Джерело: розроблено автором

Діаграма Burnup report (рис 2.3) демонструє поступове виконання запланованих задач у межах Спринту 2. Зелена лінія відображає фактичний прогрес команди, тоді як сіра показує умовну ідеальну швидкість. Незважаючи на нерівномірність виконання (повільний старт і більш інтенсивний фінальний етап), команда повністю завершила запланований обсяг робіт до кінця спринту, що свідчить про вчасне виконання завдань.

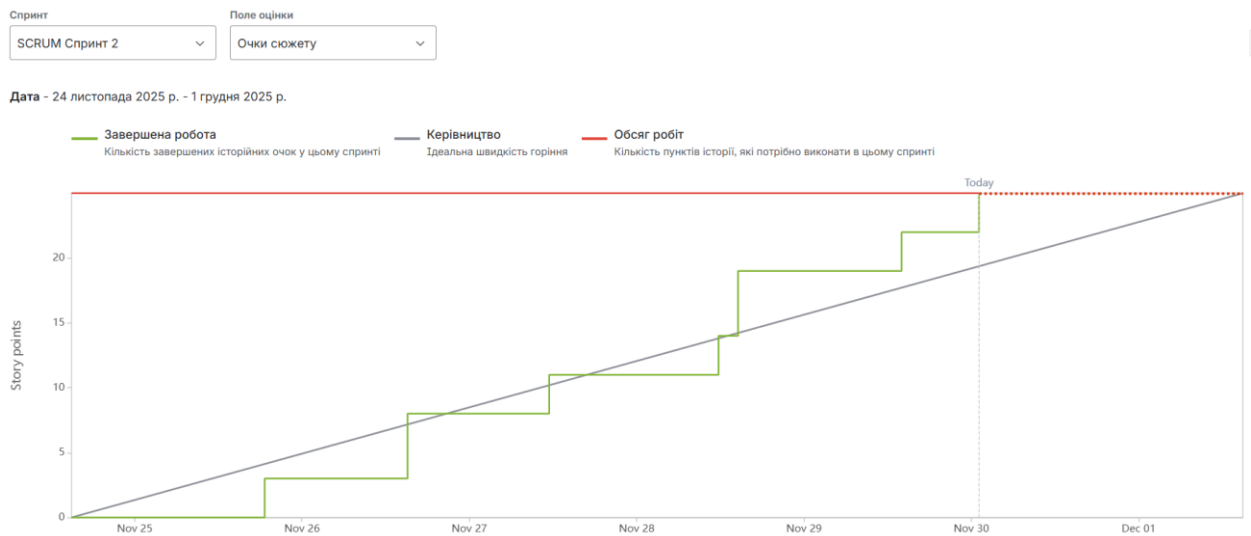


Рисунок 2.3 – Діаграма Burnup report (завершення спринта)

Джерело: розроблено автором

Діаграма згоряння Спринту 3 (рис 2.4) наочно демонструє застосування принципів гнучкого управління. Упродовж спринту відбувалися уточнення вимог з боку замовника, що призвело до додавання нових задач до беклогу спринту. Це відображено у вигляді підвищень червоної лінії, які фіксують збільшення загального обсягу робіт. Подібні зміни є звичайними при гнучкому управлінні розробкою продукту, оскільки Scrum передбачає можливість коригування вимог і адаптації обсягу роботи відповідно до актуальних потреб проєкту.

Попри зміну початкового обсягу, команда змогла підтримувати стабільну динаміку виконання задач, що підтверджується поступовим зниженням кривої залишкової роботи. Таким чином, діаграма відображає

реальний процес розробки та здатність команди реагувати на нові запити без втрати темпу та якості виконання інкрементів продукту.

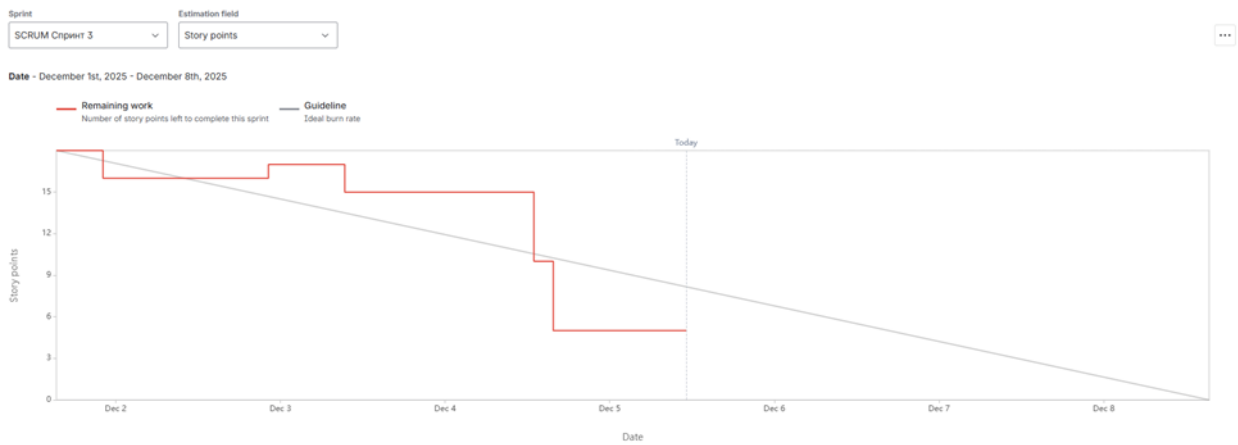


Рисунок 2.4 – Діаграма Sprint burndown chart (3 спринт)

Джерело: розроблено автором

Ще одним із важливих графіків є звіт про швидкість (рис 2.5), який демонструє обсяг виконаної роботи в кожному спринті та дозволяє оцінити стабільність продуктивності команди.

Незважаючи на уточнення вимог і додавання нових задач у процесі спринту, команда змогла адаптуватися до змін і завершити більший обсяг робіт, ніж планувалося. Розподіл обсягу робіт між спринтами був зумовлений специфікою завдань та етапністю формування продукту. У першому спринті команда працювала над найбільш складними та критично важливими задачами, необхідними для створення мінімально життєздатного продукту. Саме тому фактичний обсяг виконаної роботи становив 26 story points, що відображає високу інтенсивність та значну частку базових функціональних компонентів. Другий спринт також був інтенсивним, оскільки команда продовжувала реалізовувати ключові функціональні можливості та узгоджувати їх між собою.

Другий спринт також мав високий рівень інтенсивності, оскільки команда продовжувала реалізацію ключових функціональних можливостей продукту та інтеграцію вже створених компонентів. На цьому етапі учасники

працювали більш узгоджено, оскільки вже володіли досвідом першої ітерації та розумінням обсягу завдань. Під час другого спринту було виконано план у 25 story points.

Натомість третій спринт мав меншу завантаженість (18–19 story points), оскільки виконував завершальні задачі, спрямовані на доопрацювання функцій, усунення недоліків та фінальну підготовку інкременту.

Середня швидкість трьох спринтів становить 23,33 story points, що свідчить про достатньо стабільний темп роботи та формування передбачуваної продуктивності команди в умовах гнучкого управління проектом.

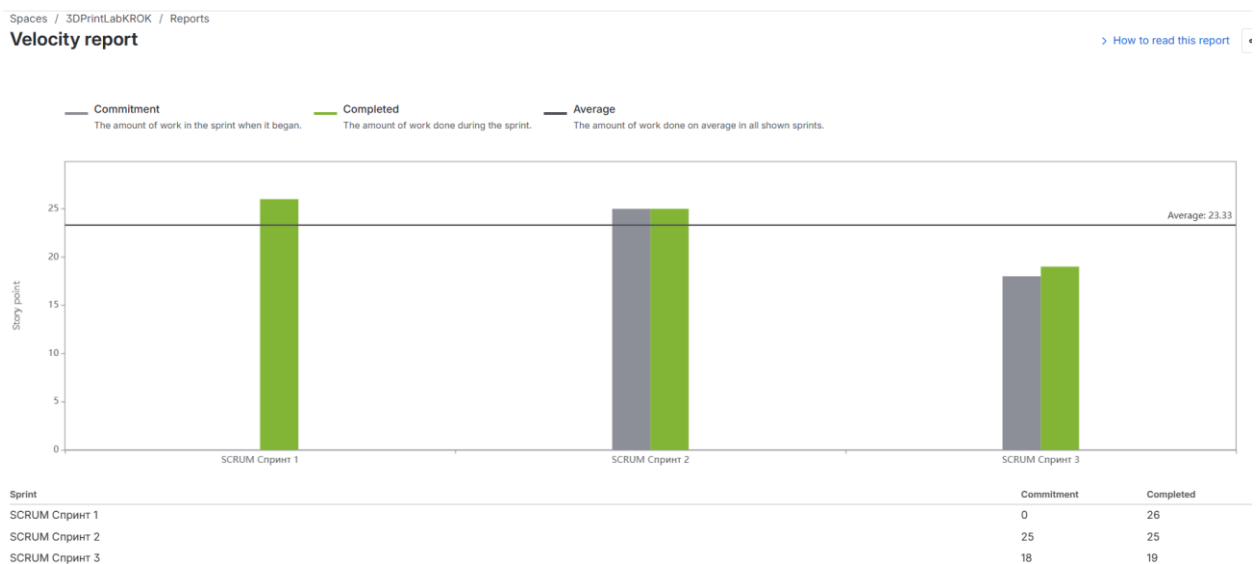


Рисунок 2.5 – Діаграма Velocity report

Джерело: розроблено автором

Аналіз представлених діаграм дозволяє зробити висновок про роботу Scrum-команди. Усі три спринти демонструють поступове зростання організованості, стабільність продуктивності та здатність команди адаптуватися до змін.

Burndown-діаграми підтверджують стабільну динаміку зменшення залишкової роботи, навіть за умов зміни обсягу задач, а velocity report засвідчує сформовану середню швидкість (23,33 story points) та здатність команди підтримувати передбачуваний ритм розробки.

Отже, результати аналізу діаграм підтверджують, що обраний фреймворк Scrum є ефективним для роботи студентської команди, забезпечує стабільний темп розробки, дозволяє гнучко реагувати на зміни та підтримує якісне виконання інкрементів продукту в межах кожного спринту.

Висновки до другого розділу

У другому розділі кваліфікаційної роботи було обґрунтовано вибір фреймворку для гнучкого управління проєктом шляхом порівняльного аналізу підходів Scrum, Kanban, XP та Lean. Визначено, що саме Scrum найбільш відповідає вимогам продукту та особливостям команди, тому був обраний як фреймворк для гнучкого управління розробкою вебсайту.

Було сформовано беклог продукту в Jira на основі історій користувачів, розподілено ролі в команді, визначено складність задач за методом покер-планування та розподілено роботу на три спринти. Обраний фреймворк забезпечив гнучкість виконання проєкту, що дозволило своєчасно враховувати зміни у вимогах та адаптувати план робіт.

Моніторинг проєкту показав, що всі спринти були виконані в заплановані терміни. Перші два спринти були більш інтенсивними порівняно з третім. Середнє навантаження на спринт становило 23,33 story points, що свідчить про стабільний темп роботи та продуктивність команди.

Завдяки використанню фреймворку Scrum та програмного забезпечення Jira проєкт було успішно реалізовано у встановлені терміни з дотриманням принципів гнучкого управління.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМАНДИ З РОЗРОБКИ ВЕБСАЙТУ

3.1 Огляд інкременту продукту

В результаті виконання командного проекту другого рівня було розроблено вебсайт «3DPrintLabKROK» для лабораторії «3D & AeroVision технологій» Університету «КРОК», який забезпечує автоматизацію процесу замовлень послуг 3D-друку.

Створений програмний продукт є системою, що включає фронтенд-частину, реалізовану з використанням React та TypeScript, та бекенд-частину, виконану на мові програмування Go (GoLang) із розгортанням на платформі Fly.io. Для збереження та обробки даних застосована реляційна база даних PostgreSQL, розміщена на сервісі Neon.tech. Авторизація користувачів реалізована через інтеграцію з Google OAuth, що забезпечує високий рівень безпеки та зручність використання. Для зберігання 3D-моделей у форматах .stl та .obj використовується Google Firebase Storage.

Розроблений вебсайт підтримує весь цикл обробки замовлення, від його подання до контролю статусу виконання, включно з інтерактивним розрахунком вартості послуг, персональним кабінетом користувача та адміністративним інтерфейсом для працівників лабораторії.

Головна сторінка продукту наведена на рис 3.1. Незареєстрований користувач одразу має доступ до всіх базових функцій, таких як перегляд портфоліо, ознайомлення з калькулятором розрахунку вартості замовлення і т.д.. При першому відвідуванні сайту користувачу рекомендується ознайомитись із попередніми роботами, натиснув на відповідну кнопку «Портфоліо» на навігаційній панелі у верхній частині сайту.

Портфоліо робіт вебсайту містить демонстраційні приклади виконаних 3D-проектів лабораторії. Кожен елемент портфоліо подано у вигляді картки з прев'ю-зображенням, назвою моделі, категорією та коротким технічним

описом. Користувач може обрати будь-яку роботу, натиснувши на відповідну картку, після чого відкривається модальне вікно з детальною інформацією про обраний проєкт (рис. 3.2).

У розширеному перегляді представлені збільшені зображення моделі, її категорія, матеріал, вага, розміри, час друку та технічні характеристики друку. Також реалізована можливість перегортання зображень для більш детального ознайомлення з результатом 3D-друку.

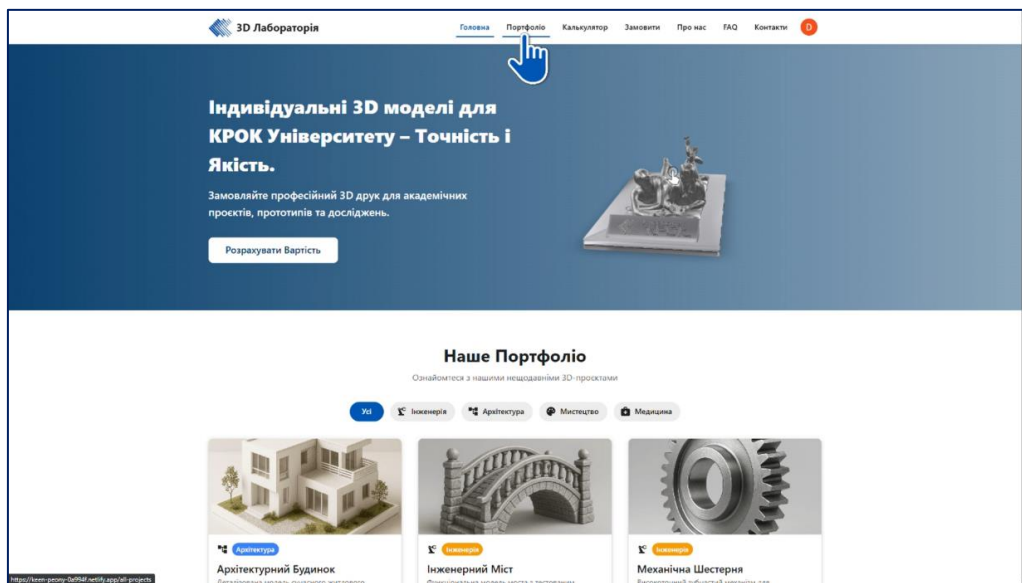


Рисунок 3.1 – Головна сторінка вебсайту

Джерело: розроблено командою

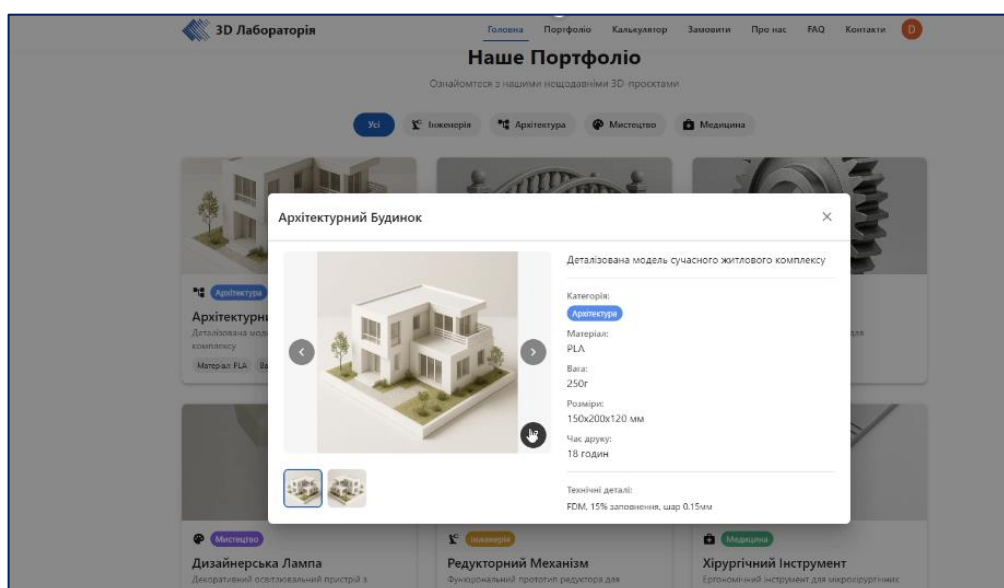


Рисунок 3.2 – Портфоліо робіт

Джерело: розроблено командою

Для розрахунку орієнтовної вартості замовлення користувач може перейти до розділу «Калькулятор» у меню вебсайту (рис 3.3). Він включає в себе можливість завантажити власну модель, обрати колір, товщину стінок та заповнення, після чого користувач може перейти у відділ «Замовити», де зможе більш детально обрати характеристики для друку, включно з точністю друку та типом матеріалу, від котрого залежить якість майбутньої моделі.

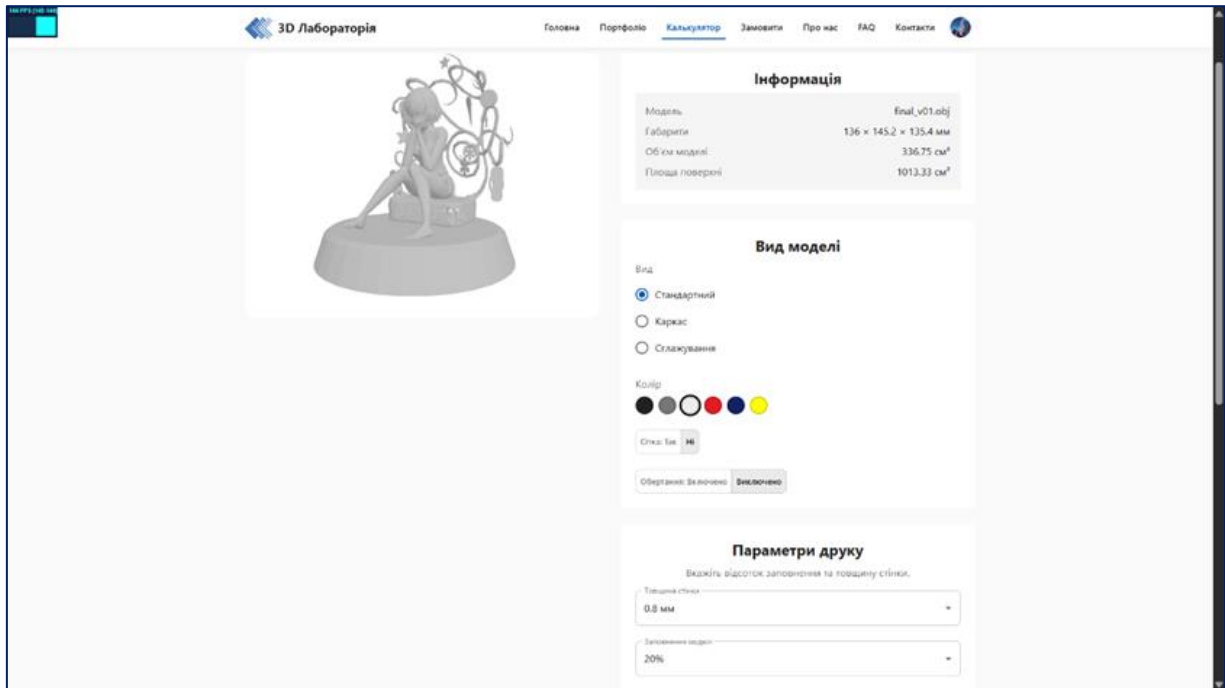


Рисунок 3.3 – Калькулятор розрахунку вартості замовлення

Джерело: розроблено командою

Для оформлення замовлення обов'язковим етапом є проходження аутентифікації. Це дозволяє забезпечити ідентифікацію користувача, зберігання історії його замовлень та можливість подальшої комунікації з лабораторією. Якщо користувач не авторизований у системі, йому автоматично відображається відповідна сторінка-запит на вхід або реєстрацію (рис. 3.4).

На рисунку 3.5 представлено інтерфейс сторінки реєстрації користувача. Реєстрація реалізована через інтегрований сервіс Google OAuth, що забезпечує безпечну аутентифікацію та спрощує процес доступу до платформи.

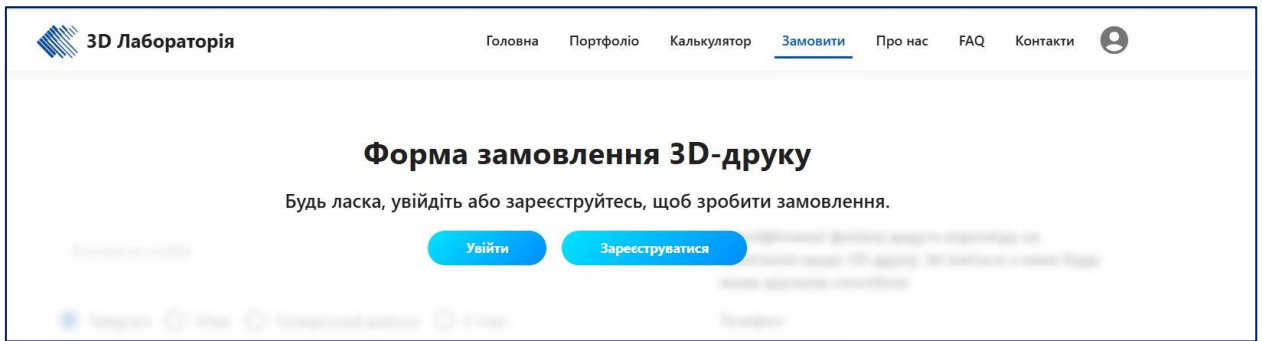


Рисунок 3.4 – Сторінка аутентифікації користувача перед оформленням замовлення

Джерело: розроблено командою

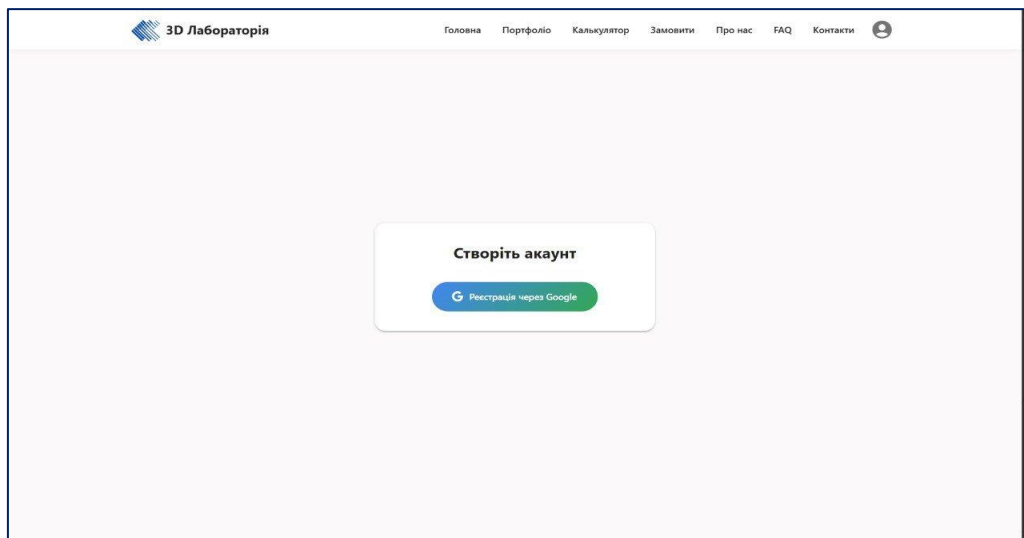


Рисунок 3.5 – Аутентифікація

Джерело: розроблено командою

Для замовлення можна перейти далі після розрахунку вартості (або через сторінку «Оформити замовлення» (рис 3.6)) та вписати у відповідні поля свої дані, після чого натиснути на відповідну кнопку «Надіслати».

Після успішного оформлення замовлення користувач автоматично перенаправляється до особистого кабінету, де може переглянути створене замовлення та відстежувати його статус (рис. 3.7). Такий підхід забезпечує зручність навігації та дозволяє користувачеві одразу підтвердити, що заявка була сформована коректно та збережена в системі.

В особистому кабінеті відображається список усіх замовлень користувача з основними параметрами: статусом, матеріалом, кількістю,

точністю друку, коментарями та каналом зв'язку. Також передбачені фільтри за статусом та датою створення, що спрощує пошук потрібних замовлень.

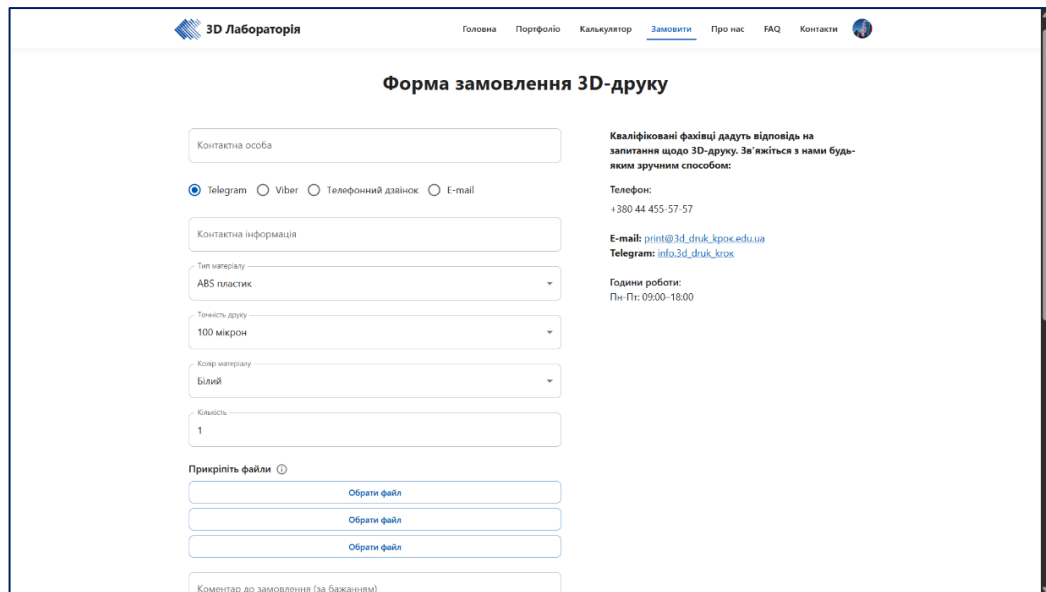
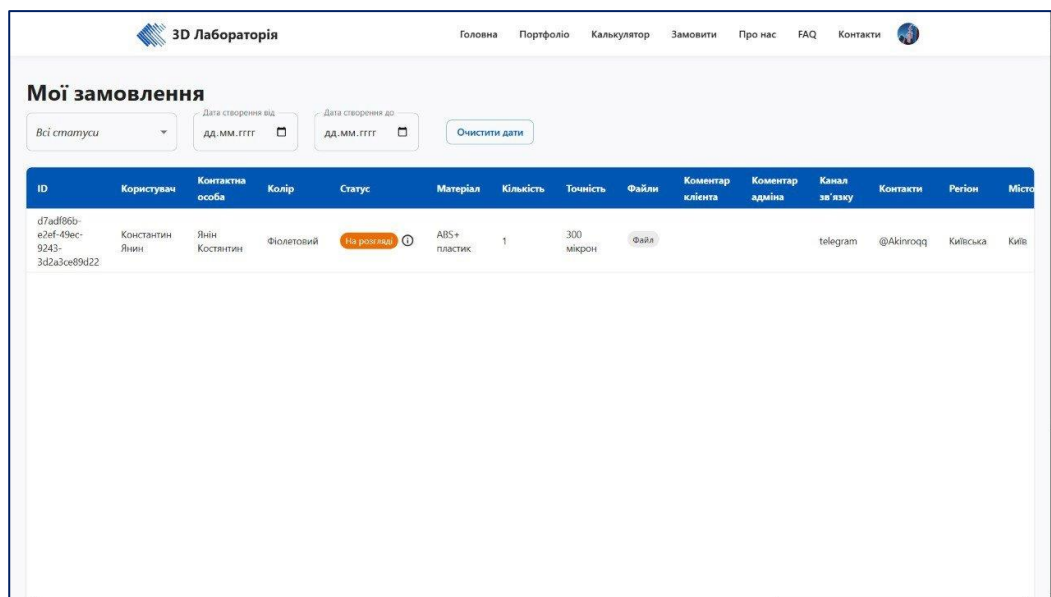


Рисунок 3.6 – Форма оформлення замовлення 3D-друку

Джерело: розроблено командою



ID	Користувач	Контактна особа	Колір	Статус	Матеріал	Кількість	Точність	Файли	Коментар клієнта	Коментар адміна	Канал зв'язку	Контакти	Регіон	Місто
c7ad186b-e2ef-49ec-9243-3d2a3ce89d22	Константин Янин	Янін Костянтин	Фіолетовий	На розгляд	ABS+ пластик	1	300 мікрон	Файл			telegram	@Akinroq	Київська	Київ

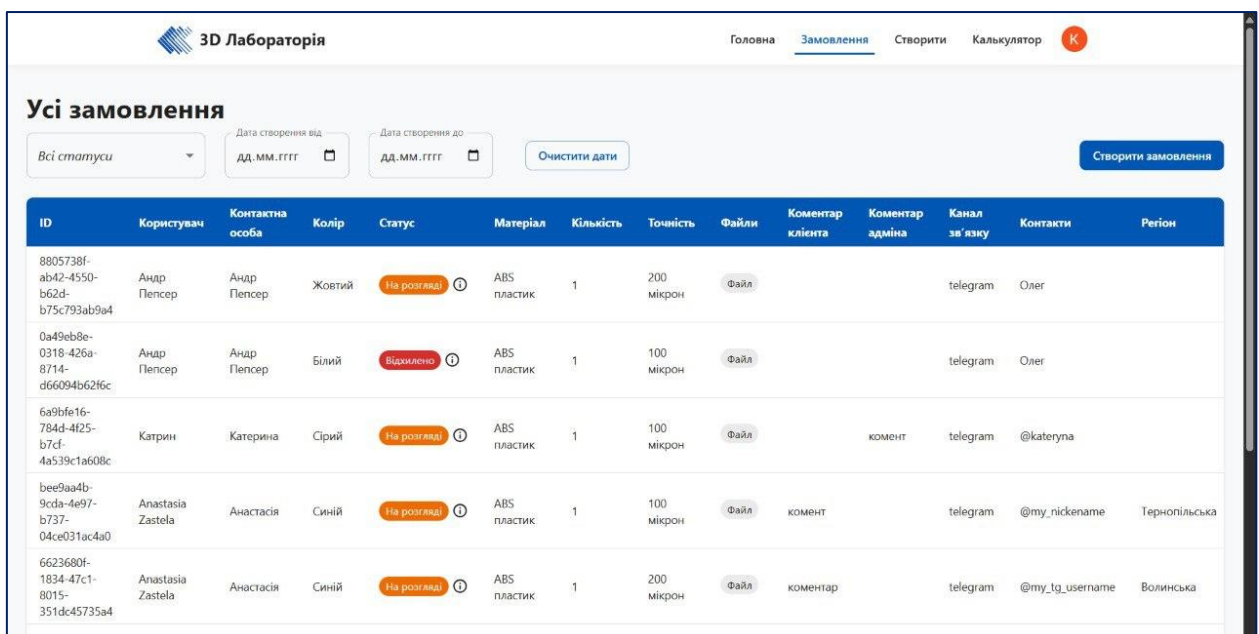
Рисунок 3.7 – Особистий кабінет користувача

Джерело: розроблено командою

Панель адміністратора (рис 3.8) забезпечує централізоване керування замовленнями на 3D-друк і призначена для працівників лабораторії, відповідальних за опрацювання заявок. Інтерфейс реалізовано у вигляді

таблиці, що відображає всі створені замовлення із ключовими параметрами, необхідними для оперативної обробки та комунікації з клієнтами.

У верхній частині панелі розміщені фільтри для пошуку замовлень за статусом та датою створення, а також кнопка очищення вибраних параметрів, що дає змогу швидко сформувавши потрібну вибірку. Праворуч розташована кнопка «Створити замовлення», яка дозволяє адміністратору додати нову заявку вручну, наприклад, отриману за телефоном чи під час особистої розмови.



The screenshot shows the administrator interface for 3D Laboratory. At the top, there is a navigation bar with '3D Лабораторія', 'Головна', 'Замовлення', 'Створити', 'Калькулятор', and a red 'K' button. Below this is a section titled 'Усі замовлення' with filters for 'Всі статуси', date ranges, and a 'Очистити дати' button. A 'Створити замовлення' button is on the right. The main part is a table with the following columns: ID, Користувач, Контактна особа, Колір, Статус, Матеріал, Кількість, Точність, Файли, Коментар клієнта, Коментар адміна, Канал зв'язку, Контакти, and Регіон.

ID	Користувач	Контактна особа	Колір	Статус	Матеріал	Кількість	Точність	Файли	Коментар клієнта	Коментар адміна	Канал зв'язку	Контакти	Регіон
8805738f-ab42-4550-b62d-b75c793ab9a4	Андр Пенсер	Андр Пенсер	Жовтий	На розгляд	ABS пластик	1	200 мікрон	Файл			telegram	Олег	
0a49eb9e-0318-426a-8714-d66094b62f6c	Андр Пенсер	Андр Пенсер	Білий	Виділено	ABS пластик	1	100 мікрон	Файл			telegram	Олег	
6a9bfe16-784d-4f25-b7cf-4a539c1a608c	Катрин	Катерина	Сірий	На розгляд	ABS пластик	1	100 мікрон	Файл		комент	telegram	@kateryna	
bee9aa4b-9cda-4e97-b737-04ce031ac4a0	Anastasia Zastela	Анастасія	Синій	На розгляд	ABS пластик	1	100 мікрон	Файл	комент		telegram	@my_nickname	Тернопільська
6623680f-1834-47c1-8015-351dc45735a4	Anastasia Zastela	Анастасія	Синій	На розгляд	ABS пластик	1	200 мікрон	Файл	коментар		telegram	@my_tg_username	Волинська

Рисунок 3.8 – Інтерфейс адміністратора

Джерело: розроблено командою

На сторінці вебсайту також наявна форма зворотного зв'язку, яка дає змогу користувачам надсилати запитання або отримувати консультацію напряму від працівників лабораторії (рис. 3.9). У розділі FAQ зібрано відповіді на найпоширеніші запитання, що дозволяє користувачам швидко знайти необхідну інформацію без звернення до адміністратора.

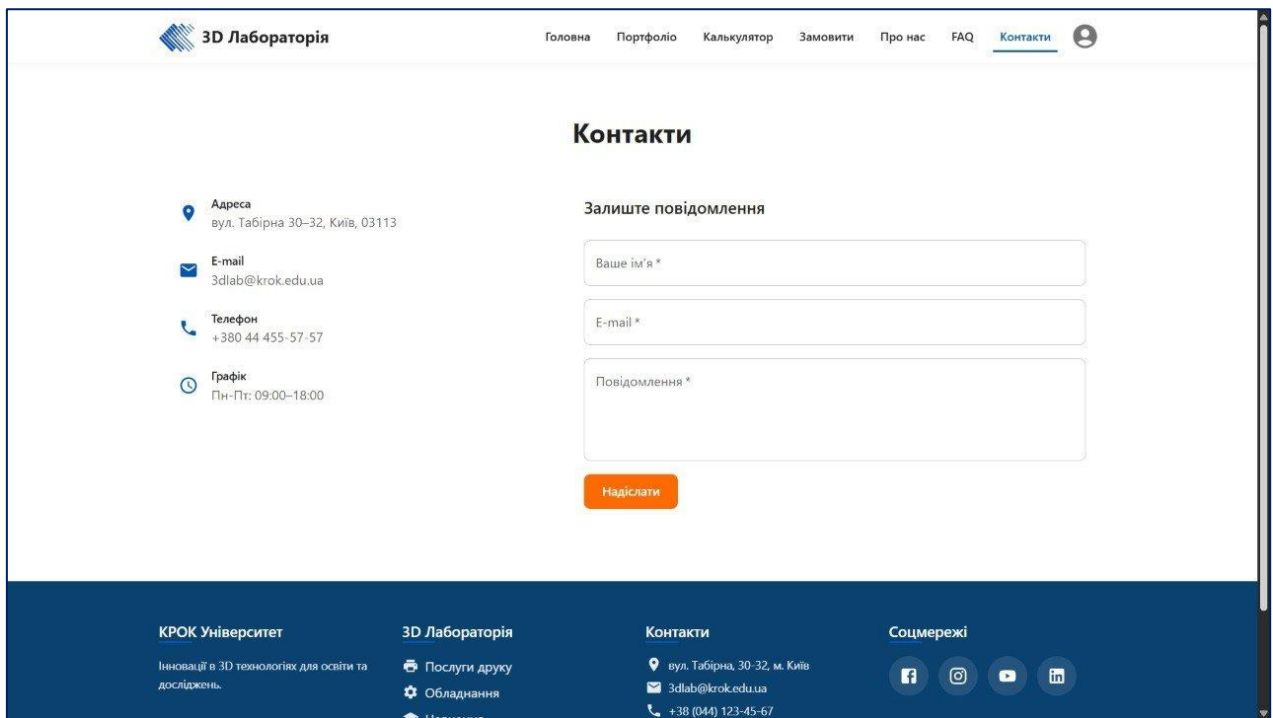


Рисунок 3.9 – Форма зворотного зв'язку

Джерело: розроблено командою

Отже, представлений інкремент продукту охоплює всі ключові компоненти необхідні для повноцінного функціонування вебсайту для замовлення 3D-друку. Реалізовано головну сторінку з інформаційними блоками, інтерактивний калькулятор вартості, форму оформлення замовлення з обов'язковою аутентифікацією користувачів, особистий кабінет для відстеження статусу замовлень, адміністративну панель для опрацювання заявок. Додатково впроваджено портфоліо робіт, форму зворотного зв'язку та розділ FAQ з відповідями на найпоширеніші запитання.

Сукупність цих елементів формує цілісний інкремент продукту, що повністю відповідає поставленим цілям проекту та є готовим програмним продуктом до подальшого впровадження та розвитку.

3.2 Ретроспектива роботи команди

Проект став для команди важливим практичним етапом, де всі учасники вперше спробували себе в умовах реальної командної розробки. Було набуто

не лише технічних навичок програмування, UI/UX-дизайну, тестування та написання документації, а й досвіду розподілу обов'язків, колективного планування та дотримання термінів.

З самого початку варто підкреслити сильні сторони команди. Учасники виявили високу ініціативність, пропонуючи власні ідеї щодо покращення функціоналу та дизайну. Команда швидко адаптувалася до нових інструментів і вимог, демонструючи гнучкість у підходах до роботи.

Важливою перевагою команди стала висока готовність опановувати нові для себе компетенції. Оскільки сфера 3D-друку була новою для більшості учасників, члени команди проявили значну мотивацію до саморозвитку, оскільки паралельно з виконанням завдань вони активно засвоювали базові знання у сфері 3D-друку та специфіки роботи лабораторії. Це сприяло адаптації, підвищенню рівня залученості та створило спільне розуміння предметної області.

Крім того, команда продемонструвала здатність до крос-функціональної підтримки. Учасники долучалися до вирішення завдань колег у тих випадках, коли володіли необхідними знаннями або досвідом, що виходили за межі їхньої основної ролі. Так частина студентів здобула навички, яких раніше не мала.

Важливою сильною стороною стала й пунктуальність у виконанні спринтів: попри різноманітність завдань та складність окремих етапів, команда завершила проєкт у межах встановлених шести тижнів, підтвердивши відповідальність та здатність працювати в заданих часових рамках.

Під час ретроспективи було встановлено, що центральною проблемою, яка впливала на темп та якість роботи, була саме командна взаємодія. Побудована діаграма Ішікави (рис. 3.10) дозволила структурувати чинники, що заважали ефективній співпраці.

Метод дозволяє системно структурувати фактори, що впливають на проблему, групуючи їх за логічними категоріями, що суттєво підвищує точність діагностики [21]. Аналіз показав, що труднощі, які проявлялися у

вигляді нерівномірної відповідальності, різних стилів роботи, затримок на зустрічах, обмеженого фідбеку мали не лише організаційну, а насамперед тісно пов'язані з різними особистісними рисами.



Рисунок 3.10– Діаграми Ішікави

Джерело: розроблено автором

Більшість труднощів були пов'язані з особистісними характеристиками учасників. Це узгоджується з результатами дослідження [23], відповідно до якого, особистісні риси є одним із ключових чинників, що впливають на продуктивність та командну динаміку.

Зокрема, добросовісність виявляється найсильнішим предиктором ефективного виконання завдань, тоді як доброзичливість і екстраверсія сприяють поведінці організаційного громадянства, що проявляється у готовності підтримувати інших учасників команди. У Scrum-команді це частково пояснює нерівномірність залучення учасників, різницю у швидкості виконання задач та певні труднощі у комунікації. Таким чином, врахування особистісних моделей під час формування команди та застосування

структурованих практик Scrum є важливим чинником забезпечення ефективної командної взаємодії.

3.3. Сучасний інструментарій менеджера в Agile-середовищі

У процесі ретроспективного аналізу роботи команди було встановлено, що значна частина труднощів у взаємодії має не технічний, а поведінковий характер. Це стосується різного стилю комунікації, рівня ініціативності, темпу виконання завдань та реакції на зміни. Такий висновок узгоджується з результатами наукових досліджень у сфері управління проєктними командами, де підкреслюється, що міжособистісні аспекти визначають результативність спільної діяльності. У сучасних дослідженнях спостерігається тенденція до інтеграції психологічних моделей і поведінкових підходів для аналізу динаміки команд.

Як зазначають Концевий В.В. та Войтенко О.С. в управлінні проєктами навіть за належного технічного забезпечення деструктивні поведінкові чинники можуть знижувати ефективність спільної діяльності порушуючи інформаційні потоки в команді. Автори адаптували психологічну модель FIRO-B, що дозволило оцінювати міжособистісну орієнтацію учасників команди (включення, контроль, прихильність) та кількісно визначити вплив на ефективність командної взаємодії та інформаційні потоки. У роботі продемонстровано, що моделі особистостей можуть бути практичним інструментом до управління командною взаємодією [24].

Ровенська В.В., Латишева О.В., Смирнова І.І., встановили, що на формування сприятливого креативного середовища в проєктних командах впливають вміння учасників команди налагодити правильну комунікацію. Авторки зазначають, що розвиток комунікативних навичок, емоційного інтелекту та культура відкритої взаємодії сприяють створенню комфортного середовища, яке стимулює командну творчість [25].

Сєдашова О. та Федотова Н. розглянули психологічні аспекти управління конфліктами в проєктних командах, сформованих з представників

різних поколінь. Міжпоколінні відмінності у цінностях, стилях роботи та комунікації виступають суттєвим чинником зростання конфліктності та ускладнення командної взаємодії. Разом із тим, розвиток емоційного інтелекту, емпатії та культури відкритої комунікації розглядається як засіб гармонізації міжпоколінної взаємодії та підвищення ефективності командної роботи [26].

У дослідженні М. Гринченко, О. Пономарьов та ін. розглянуто, що конфлікти у проектних командах виникають через відмінність психологічних характеристик, цілей, прагнень та інтересів різних учасників у спільній діяльності. Різниця у сприйнятті авторитету, рівні гнучкості та пріоритетах може ставати джерелом непорозумінь і внутрішніх суперечностей. Водночас розуміння міжпоколінних особливостей дозволяє керівникам формувати інклюзивну культуру взаємодії [27].

Рач В.А., Осакаве І., Медведєва О.М., Россошанська О.В., Борулько Н.О. розробили метод формування команди проекту за критерієм суб'єктивного благополуччя, що ґрунтується на побудові персональних профілів претендентів через ранжування ціннісних індикаторів. Конфігурація команди з найбільш близьких профілів є передумовою для формування комфортної взаємодії учасників [28].

У дослідженні Данченко О.Б. та Корейби А.З. увагу зосереджено на впливі біологічних факторів на роботу проектних команд. Автори доводять, що принципи самоорганізації, спостережені в природі, можуть бути використані для підвищення синергії та стійкості командних процесів. Такий підхід демонструє можливість міждисциплінарного перенесення закономірностей природних систем в управління командною взаємодією [29].

За основу було взято визначення взаємодії в проектах як спільної діяльності учасників, яка змінює характер їхніх відносин від стану конфлікту, антагонізму чи синергізму і базується на цілеспрямованій комунікації, що спрямована на досягнення успішної реалізації проекту [30]. Таке визначення підкреслює не тільки операційну складову взаємодії, а й психологічний вимір,

у рамках якого основним чинником виступає поступова зміна стосунків між членами команди.

З урахуванням сучасних умов, у яких цілі проєкту часто уточнюються або можуть змінюватися у процесі виконання, особливої ваги набуває формування спільного бачення серед учасників команди. Наявність узгодженого бачення створює єдиний комунікаційний контекст, підсилює взаєморозуміння та забезпечує ефективний обмін знаннями, що є важливим у складних і високотехнологічних проєктах.

Поряд із цим у процесі формування спільного бачення необхідно враховувати один з ключових викликів сучасного управління проєктами, а саме різноманітність команд. Йдеться про відмінності між учасниками за поколіннєвими, культурними та професійними ознаками. Наприклад, участь у команді представників поколінь X, Y та Z часто зумовлює відмінності у системах цінностей, стилях комунікації та підходах до розв'язання завдань [31]. Додатково на взаємодію впливає зростання кількості розподілених команд, у яких посилюється ризик виникнення культурних непорозумінь через різні соціальні норми, особливості сприйняття часу та відмінні комунікативні практики.

У цьому випадку особливо важливим стає формування середовища командної взаємодії. Під цим поняттям розуміють командну крос-культуру, що виникає через поєднання досвіду та умов роботи учасників проєкту і створює спільний простір для діяльності, вироблення цінностей та поступової зміни взаємин між членами команди [32].

Ефективність такої культури залежить від того, наскільки вона є прийнятною для всіх учасників, тобто наскільки кожен член команди відчуває комфорт під час взаємодії. Щоб спільна робота сприймалася як безпечна, сприятлива та стабільна, пропонується розглядати середовище командної взаємодії через формування комфортного середовища діяльності, яке базується на тріаді «безпека-довіра-благополуччя» [22].

Для уточнення ролі управління взаємодією у структурі знань проєктного менеджменту було здійснено змістовний аналіз стандарту РМВОК 7 [33]. Аналіз дав можливість визначити основні сфери виконання, де питання взаємодії проявляється найбільш виразно. До таких сфер належать команда, яка охоплює принципи формування, розвитку та підтримання робочих стосунків; стейкхолдери, що стосуються залучення, комунікації та узгодження очікувань зацікавлених сторін; а також проєктна робота, у якій відбувається координація діяльності, прийняття рішень та створення цінності під час реалізації проєкту.

У стандарті РМВОК 7 питання взаємодії простежується і в основних принципах проєктного менеджменту, які прямо або опосередковано задають основу для ефективної роботи команди. До таких принципів належать створення умов для спільної роботи, що передбачає відкритість, відчуття безпеки та довіру між учасниками; налагодження взаємодії зі стейкхолдерами, яке підкреслює важливість активної участі зацікавлених сторін у прийнятті рішень і підтриманні двосторонньої комунікації; своєчасне розпізнавання, оцінювання та реагування на системні взаємодії, що охоплюють людські, технічні та організаційні зв'язки у проєкті; а також демонстрування лідерської поведінки, яка забезпечує підтримання мотивації, узгодженість дій та якість взаємодії у команді.

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що управління взаємодією є діяльністю, яка супроводжує всі етапи життєвого циклу проєкту. Найбільш важливим воно є під час формування команди, коли відбувається узгодження ролей, очікувань і способів комунікації; у процесі врегулювання конфліктів, де взаємодія виконує функцію перетворення суперечностей у продуктивну співпрацю; а також у момент ухвалення рішень у ключові моменти проєкту, коли потрібна спільна відповідальність та єдине бачення дій команди.

З урахуванням отриманих результатів запропоновано визначення управління командною взаємодією як управлінської діяльності, у якій лідер

формує та реалізує рішення, спрямовані на зміну міжособистісних і рольових відносин у команді від напружених чи конфліктних до узгоджених і синергійних. Така діяльність передбачає створення й підтримання комфортного середовища роботи, що спирається на поєднання безпеки, довіри та благополуччя.

Постає питання щодо того, які концептуальні підходи та інструменти здатні забезпечити результативну взаємодію під час формування проєктної команди, врегулювання конфліктів та колективного ухвалення рішень у ключові моменти реалізації проєкту.

Для відповіді на це питання спершу необхідно визначити аксіологічні та гносеологічні засади епістемологічного простору, у якому проводиться дослідження. Такі засади ґрунтуються на цінностях наукової школи, до якої належать автори, і визначають позицію, з якої здійснюється пізнання.

У цьому дослідженні предметом вивчення є управління командною взаємодією в умовах гібридного робочого середовища. Нижче подано аксіологічні та гносеологічні положення, що сформовані у науковій школі «VARIORUM» та представлені в роботах Медведєвої О.М. [30] і Россошанської О.В. [34].

Аксіологічна складова включає такі основні аксіоми: особистість є найвищою цінністю цивілізаційного розвитку; діяльність людини визначається її світоглядною позицією; світоглядна позиція формується на основі особистісного сприйняття. З цього випливає, що кожен учасник команди розглядається як неповторна особистість з власною системою цінностей і характерними моделями поведінки.

Гносеологічна складова спирається на кілька ключових постулатів: первинність цілісності, системність, принцип тріадності та квартильності. Ця система доповнюється постулатом інтерсуб'єктивності, що передбачає пріоритет колективного джерела знань над індивідуальним. У процесі колективного ухвалення рішень важливим є спільне розуміння учасниками фактичних обставин і перебіг подій [35].

У дослідженні [36] сформульовано постулат гармонізованої командної згуртованості, який визначає основу ефективної взаємодії в проєктах. Згідно з цим підходом, результативність командної роботи забезпечується узгодженістю ролей, спільним баченням, довірою між учасниками та гармонійністю внутрішніх зв'язків. Деталізовані положення постулату подано в зазначеному дослідженні, що дає змогу використовувати його як методологічну основу для аналізу й удосконалення командної взаємодії.

Узгодженість і гармонія між членами команди є важливою умовою успішного виконання проєкту. У цьому випадку гармонізована згуртованість виходить за рамки розуміння згуртованості як емоційної прихильності між людьми. Вона охоплює структурний, функціональний, когнітивний та ціннісний рівні командної взаємодії.

Гармонізацію цінностей у проєкті варто розглядати як процес узгодження й урівноваження систем цінностей усіх зацікавлених сторін. У результаті індивідуальні та групові відмінності перестають бути джерелом суперечностей і починають працювати на посилення колективної взаємодії. Саме узгодженість цінностей забезпечує стабільність колективного прийняття рішень, підвищує довіру між учасниками та сприяє формуванню стійкого середовища спільної роботи в умовах гібридного формату.

Постулат гармонізованої командної згуртованості доповнює постулат інтерсуб'єктивності, оскільки зосереджується не лише на колективному джерелі знань, а й на якості зв'язків між учасниками. Завдяки цьому створюється підґрунтя для стійкого, продуктивного та цілеспрямованого колективного мислення.

З огляду на це ефективна командна взаємодія повинна ґрунтуватися на гармонізації цінностей, моделей поведінки та способів комунікації. Основне завдання управління командною взаємодією полягає не тільки у координації діяльності, а у формуванні комплементарних і синергетичних взаємозв'язків між учасниками.

Досягнення такої гармонії вимагає глибшого розуміння кожного члена команди. Поряд із професійною компетентністю особливе значення мають особистісні характеристики, мотиваційні чинники та індивідуальні системи цінностей. Саме вони визначають стиль взаємодії, сприйняття інших, реакції на конфліктні ситуації та участь у спільному ухваленні рішень.

Попри значний обсяг досліджень, присвячених формуванню команд, питання підтримання та розвитку ефективної взаємодії протягом усього життєвого циклу проекту все ще потребує додаткових інструментів. Особливо важливо враховувати динаміку ролей, зміни поведінкових моделей і вплив психологічних особливостей упродовж реалізації проекту.

Для посилення командної взаємодії доцільно застосовувати моделі особистості. Під ними розуміють теоретично обґрунтовані та емпірично підтверджені психологічні конструкції, які описують стабільні індивідуально-психологічні відмінності між людьми. Використання таких моделей робить можливими системну класифікацію профілів учасників, прогнозування поведінки у типових робочих ситуаціях, планування ролей і способів комунікації, а також підвищення гармонізованої згуртованості команди шляхом усвідомленого використання різних типів особистості.

З огляду на велику кількість існуючих моделей у статті розглянуто дев'ять найбільш валідних, що широко представлені в сучасних дослідженнях, зокрема в оглядах [23].

Таблиця 3.1 - Порівняльна характеристика моделей особистості

Назва	Характеристика та валідність
Модель РАЕІ І. Адізеса	Модель управлінських ролей, що описує типи діяльності, необхідні для ефективного управління та пов'язана з етапами життєвого циклу організації. Виділяє чотири ролі: Р – Виробник (орієнтація на результати, виконання, короткострокові показники), А – Адміністратор (структура, процедури, контроль), Е – Підприємець (інновації, зміни, прийняття ризику), І – Інтегратор (відносини, культура, довгострокова згуртованість). Валідність - обмежена
Модель командних ролей Р. Белбіна	Модель поведінкових ролей у командах, сфокусована на тому, як люди роблять внесок у групову роботу. Виділяє дев'ять ролей (Ідеолог, Контролер-оцінювач, Координатор, Виконавець, Дослідник

	ресурсів, Формувальник, Командний гравець, Завершувач, Спеціаліст). Валідність - помірна
Модель поведінкових стилів DISC	Модель поведінкових стилів, широко застосовувана в коучингу та управлінні персоналом. Виділяє чотири основні стилі: домінування, вплив/спонукання, стабільність, сумлінність. Валідність - низька
Модель темпераментів Г. Фішер	Модель чотирьох широких вимірів темпераменту, які, за гіпотезою, відповідають чотирьом нейрохімічним системам; Виділяє типи: цікавий / енергійний (дофамін–норадреналін), обережний / соціально нормативний (серотонін), аналітичний / рішучий (тестостерон), просоціальний / емпатичний (естроген / окситоцин). Валідність - помірна
Спіральна динаміка	Стадійна модель систем цінностей індивідів і суспільств (бежевий, фіолетовий, червоний, синій, помаранчевий, зелений, жовтий, бірюзовий тощо. Широко використовується в коучингу, лідерстві та духовних спільнотах. Описує послідовність етапів цінностей, які еволюціонують у міру зміни життєвих умов. Валідність - низька
Велика п'ятірка	Домінуюча на сьогодні наукова модель загальної структури особистості. Виділяє п'ять основних факторів: відкритість до досвіду, сумлінність, екстраверсію, приємність та невротизм. Валідність - висока
Модель структури особистості HEXACO	Шестифакторна модель структури особистості, отримана на основі міжмовних лексичних досліджень, що розширює модель «Великої п'ятірки». Виділяє шість вимірів: чесність–скромність, емоційність, екстраверсія, приємність, сумлінність, відкритість до досвіду. Валідність - висока
Теорія базових цінностей Шварца	Модель мотиваційних ціннісних пріоритетів на індивідуальному та культурному рівнях. Виокремлено 10 базових цінностей (влада, досягнення, гедонізм, стимуляція, самокерування, універсалізм, доброзичливість, традиція, конформність, безпека), розміщених у круговій мотиваційній структурі. Валідність - висока
Карта культур Інглхарта-венцеля	Модель культурних цінностей на рівні суспільства. Виділяє два основні виміри: традиційні цінності проти світсько-раціональних та цінності виживання проти самовираження. Суспільства розміщуються на двовимірній карті й групуються в кластери культурних регіонів. Валідність - висока

Аналіз моделей особистості дав змогу виокремити чотири ключові характеристики, на основі яких доцільно здійснювати оцінювання учасників команди. Перша характеристика, рольова, пов'язана з тим, які функції, завдання та види внеску людина зазвичай бере на себе у спільній роботі. До таких підходів належать модель командних ролей Белбіна та модель РАЕІ І. Адізеса. Друга характеристика має емоційну природу і описує типові реакції, темперамент та мотиваційні особливості, що впливають на готовність до кооперації, емоційної підтримки, сприйняття стресу та проявів лідерства. Прикладом є модель темпераментів Гелен Фішер.

Третя характеристика, поведінкова, дає змогу оцінити характер, способи мислення та прийняття рішень. До цього напрямку належать MBTI, модель «Велика п'ятірка» та структура особистості HEXACO. Четверта характеристика ціннісна відображає глибинні переконання, життєві та професійні орієнтири, які визначають мотивацію і рівень готовності співпрацювати з іншими. Сюди належать Спіральна динаміка, Карта культур Інглгарта–Вельцеля та Теорія базових цінностей Шварца.

У сукупності ці чотири групи ознак є достатніми для оцінювання особистості з позицій командної взаємодії, що узгоджується з типологією соціальних дій Макса Вебера [37]. Тому їх доцільно використовувати як основу для вибору методів оцінювання талантів під час формування та розвитку команд.

Для досягнення гармонізованої згуртованості команди такі моделі варто застосовувати комплексно, розглядаючи особистість не як набір розрізнених характеристик, а як цілісну систему ролей, емоційних проявів, поведінкових патернів і ціннісних орієнтацій. Такий підхід враховано у системній моделі (рис. 3.11), побудованій відповідно до семантики цілісної особистості «раціо–емоціо–інтуїціо–транціо», поданої в дослідженні О. В. Россошанської [34].

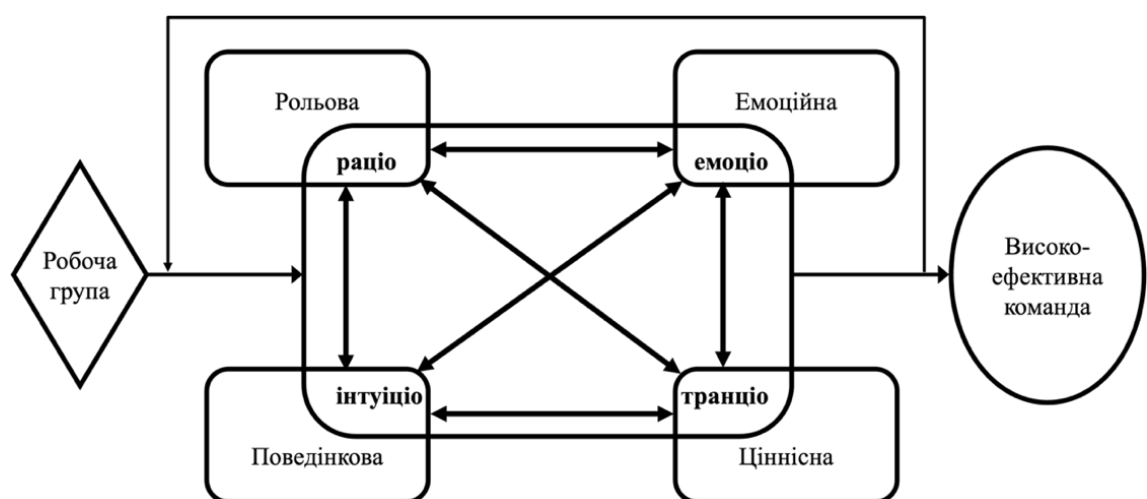


Рис 3.11 – Інтегрована модель управління взаємодією в проєктах

Джерело: розроблено авторами [36]

Застосування різних типів моделей особистості під час оцінювання членів команди узгоджується з сучасними підходами в організаційній психології. Наприклад, В. В. Оліярник та О. О. Романовський пропонують комбінувати модель РАЕІ Адізеса з типологією Майєрс–Бріггс (МВТІ) для формування проєктних команд, оскільки поєднання ролевих і типологічних характеристик дає можливість точніше оцінити потенціал і сумісність учасників [38].

На основі результатів проведеного дослідження першим кроком стало проведення опитування для визначення моделей особистостей кожного з учасників за моделлю командних ролей Белбіна. На його основі було визначено сильні та слабкі сторони учасників для перерозподілу відповідальності у команді з урахування поведінкових особливостей та стилей комунікації кожного з учасників. Врахування ролей учасників дозволило вирішити проблеми, що виникли під час ретроспективи роботи команди, яка зображені на діаграмі Ішікави. Як наслідок це посприяло зниженню комунікаційних бар'єрів, підвищенню узгодженості дій та посилило взаємодію у роботі в умовах гібридного середовища.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто інкремент продукту. Розроблений вебсайт для лабораторії «3D&AeroVision технологій» готовий для впровадження у її діяльність та забезпечує повний процес надання послуг 3D-друку від оформлення замовлення до отримання готового виробу. Після розробки за гнучким підходом управління Scrum було проведено ретроспективу команди для окреслення сильних та виявлення слабких сторін під час розробки. За допомогою діаграми Ішікави було встановлено, що центральною проблемою, яка впливала на темп та якість роботи, була саме командна взаємодія. На основі цього було обґрунтовано необхідність глибшого аналізу командної роботи із залученням сучасних підходів. Зокрема, запропоновано постулат гармонізованої командної згуртованості, який

підкреслює важливість узгодженості ролей, цінностей, комунікації та спільного бачення для підвищення ефективності взаємодії в проєктах. Застосування таких положень дає змогу цілеспрямовано вдосконалювати командну роботу, оптимізувати розподіл функцій та запобігати повторенню проблем у наступних проєктах.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес гнучкого управління розробкою вебсайту для лабораторії «3D&AeroVision технологій» Університету «КРОК», що відповідає сучасним вимогам розробки програмного забезпечення. Проведений аналіз предметної області та функціонування лабораторії дозволив виявити низку дискомфортів, що виникають у її роботі. Дослідження цільової аудиторії та конкурентного середовища дало змогу визначити ключові функціональні характеристики майбутнього продукту та сформувавши підґрунтя для подальшого проєктування.

На основі порівняльного аналізу Agile-фреймворків обґрунтовано вибір Scrum як найбільш доцільного підходу для управління проєктом. Створено беклог продукту, сформульовано історії користувачів, визначено складність задач і сплановано три спринти, реалізація яких забезпечила послідовний розвиток інкременту і поступове розширення функціональності вебсайту. Використання інструменту Jira допомогло спланувати, синхронізувати роботу команди та сприяло контролю виконання завдань.

У результаті реалізації проєкту створено вебсайт, що забезпечує повний цикл надання послуг 3D-друку від подання заявки до отримання готового виробу. Продукт відповідає визначеним вимогам та може бути впроваджений у діяльність лабораторії для автоматизації комунікації з користувачами та внутрішніх процесів.

Проведена ретроспектива команди дала можливість оцінити сильні та слабкі сторони взаємодії учасників під час реалізації проєкту. Встановлено, що попри високий рівень залученості та відповідальності, командна взаємодія залишалася ключовим фактором, що впливав на темп і якість виконання задач.

Сформульовано підхід до управління командною взаємодією, який спирається на поєднання тріади «безпека – довіра – благополуччя», постулату гармонізованої командної згуртованості та а також в обґрунтуванні чотирирівневої класифікації моделей особистості. Обґрунтовано доцільність

використання моделей особистості для системної оцінки учасників команди, прогнозування їх поведінки у командних ситуаціях та цілеспрямованого формування гармонізованої згуртованості.

Отримані результати підтверджують, що використання Scrum є ефективним для управління комплексними ІТ-проектами в умовах гібридного робочого середовища. Розроблений вебсайт готовий до впровадження, а отримані висновки та рекомендації можуть бути використані для вдосконалення майбутніх проєктів при формуванні команд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Global 3d Printing Market Size & Outlook, 2024-2030 URL: https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/3d-printing-market-size/global?utm_source (дата звернення 01.11.2025);
2. Рач, В. А., Ігнатова, О. В., & Борзенко-Мірошніченко, А. Ю. (2013). *Методологія системного підходу та наукових досліджень: Підручник*. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля
3. Сайт університету «КРОК». Декларація. URL: <https://www.krok.edu.ua/ua> (дата звернення: 02.11.2025);
4. Сайт університету «КРОК». Про університет. URL: <https://www.krok.edu.ua/ua/pro-krok> (дата звернення: 02.11.2025);
5. Нормативні документи та доступ до публічної інформації. URL: <https://www.krok.edu.ua/ua/pro-krok/publiczna-informatsiya> (дата звернення 05.11.2025)
6. Weighted Sum Model. Munich Business School. URL: <https://www.munich-business-school.de/en/1/business-studies-dictionary/weighted-sum-model> (дата звернення: 04.11.2025);
7. Інновації КНУБА: новий простір для 3D-друку. URL: <https://www.profbuild.in.ua/uk/vsi-statti-zhurnala-prof-build/6930-iino-knuba-novij-prostir-dlya-3d-druku> (дата звернення: 06.11.2025);
8. FabLab Laboratory was opened in the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. URL: <https://kpi.ua/en/fablab> (дата звернення: 06.11.2025);
9. 3Ddevice. URL: <https://3ddevice.com.ua> (дата звернення 07.11.2025);
10. 3DWAY. URL: <https://3dway.com.ua> (дата звернення 07.11.2025);
11. EASY3DPRINT. URL: <https://easy3dprint.com.ua> (дата звернення 07.11.2025);
12. 3DREAMS. URL: <https://3dreams.com.ua> (дата звернення 07.11.2025);
13. SimilarWeb. URL: <https://www.similarweb.com/website/3ddevice.com.ua> (дата звернення 07.10.2025);

14. Doran, G. T. (1981). There's a S.M.A.R.T. Way to Write Management's Goals and Objectives. *Management Review*, 70(11), 35–36. URL: <https://community.mis.temple.edu/mis0855sec001summer2015/files/2015/05/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf> (дата звернення: 06.10.2025);
15. Рекомендації щодо використання фірмового стилю (брендбук) Університету «КРОК». URL: <https://www.krok.edu.ua/ua/pro-krok/korporatsiya/brand-book> (дата звернення 10.11.2025)
16. Sommerville, I. *Software Engineering* (10th ed.). Pearson. 2016. URL: <https://dn790001.ca.archive.org/0/items/bme-vik-konyvek/Software%20Engineering%20-%20Ian%20Sommerville.pdf> (дата звернення 15.11.2025);
17. Kniberg, H., & Skarin, M. *Kanban and Scrum – making the most of both*. C4Media. 2010. URL: <https://www.agileleanhouse.com/lib/lib/People/HenrikKniberg/KanbanAndScrumInfoQVersionFINAL.pdf> (дата звернення 15.11.2025);
18. Beck, K., & Andres, C. *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (2nd ed.). Addison-Wesley. 2005. URL: <https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321278654/samplepages/9780321278654.pdf> (дата звернення 15.11.2025)
19. Manifesto for Agile Software Development. URL: <https://agilemanifesto.org/> (дата звернення 15.11.2025)
20. The Scrum Guide. URL: <https://www.scrum.org/resources/scrum-guide> (дата звернення 15.11.2025)
21. Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice Hall. URL: <https://archive.org/details/whatistotalquali00ishi/page/n7/mode/2up> (дата звернення 19.11.2025)
22. Мушинський О. Ю. Розвиток лідерства в управлінні проектними командами. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2024. № 76. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2024-76-165-173>

23. Pletzer, J. L., Abrahams, L. Personality and Job Performance: A review of trait models and Recent Trends. *Current Opinion in Psychology*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.102054>
24. Концевий В., Войтенко О. Оцінка впливу учасників проєктних команд на систему комунікацій. *Управління розвитком складних систем*. 2025. № 62. С. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.79-87>
25. Ровенська В., Латишева О., Смирнова І. Групова динаміка та методи управління креативними та проєктними командами в сфері інформаційних технологій. *Трансформаційна економіка*. 2023. № 3. С. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-3-6>
26. Сєдашова О., Федотова Н. Конфлікти у XXI столітті в управлінні командою проєкту: психологічні аспекти. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2025. № 1. С. 309–316. DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2025-77-309-316>
27. Гринченко М. Пономарьов О. , Лобач О.. & Харченко А. (2022). Конфлікти в управлінні проєктами. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами, 1(5), 50-55. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2022.5.6>;
28. Rach V., Osakwe I., Medvedieva O., Rossoshanskaya O., Borulko N. Method for configuring the composition of a project team based on the criteria of subjective well-being. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2019. Vol. 2, no. 3. P. 48–59. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160651>
29. Данченко, О., & Корейба, А. МОДЕЛІ САМООРГАНІЗАЦІЇ В ПРОЄКТНИХ КОМАНДАХ. *Вчені записки Університету «КРОК»*, 2025. (1(77)), 257–264. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2025-77-257-264>
30. Медведєва О. М. Ціннісно-орієнтоване управління взаємодією в проєктах: методологічні основи : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.22. Київ, 2013. 48 с.

31. Лепейко Т., Цихетнер Д. Сучасний підхід до зміни поколінь та співпраці на сучасному робочому місці. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022. Т. 7, № 4. С. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2022-4-4>

32. Медведєва О. Епістемічні положення пізнання ціннісно-орієнтованого управління взаємодією в проектах: базові аксіоми й постулати, аксіологічні та онтологічні положення. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2014. № 2. С. 152–167.

33. Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute, 2021.

34. Россошанська О. В. Стратегічний потенціал як фактор економічної безпеки соціально-економічних систем в контексті конвергенції економіки знань та цифрової економіки. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2019. № 2(70). С. 97–112.

35. Рач В.А., Борулько Н.О. Епістемологічний простір м'якого управління проектами: моделі та методи ідентифікації загальних ризиків. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2019. №4 (72). С. 19-32.

36. Мушинський О., Тимофєєва К. Управління командною взаємодією в проектах на основі моделей особистості. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2025. №4 (80).

37. Weber M. The nature of social action. *Max Weber: selections in translation* / ed. by W. Runciman. Cambridge, 1978. P. 7–32. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810831.005>.

38. Оліярник В. В., Романовський О. О. Технологічні особливості командної роботи в управлінні проектами. *Ефективність державного управління*. 2023. № 3 (76/77). С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.36930/507603>

User stories

1. Як користувач, я хочу мати особистий кабінет з історією моїх замовлень та їхнім статусом, щоб відслідковувати виконання й при потребі повторити замовлення
2. Як користувач, я хочу бачити поточний статус свого замовлення (на розгляді, затверджено, в роботі, готово, видано), щоб розуміти, на якому етапі знаходиться друк
3. Як користувач, я хочу мати можливість поставити запитання щодо свого замовлення через форму зворотного зв'язку, щоб швидко уточнити деталі
4. Як користувач, я хочу завантажити 3D-модель і отримати попередній розрахунок вартості, щоб оцінити бюджет замовлення
5. Як завідувач лабораторії, я хочу бачити всі отримані замовлення в єдиному інтерфейсі, щоб управляти чергою робіт
6. Як завідувач, я хочу змінювати статус замовлення (отримано → у роботі → готово → видано), щоб інформувати користувача
7. Як користувач, я хочу переглянути інформацію про діяльність і досягнення лабораторії, щоб переконатися в її надійності
8. Як користувач, я хочу переглядати приклади вже виконаних виробів, щоб оцінити якість роботи та надихнутися ідеями для свого замовлення
9. Як користувач, я хочу переглянути список частих запитань і відповідей, щоб швидко знайти необхідну інформацію без звернення до співробітників лабораторії
10. Як користувач, я хочу оформити замовлення онлайн, заповнивши форму на сайті, щоб отримати послугу без додаткового листування
11. Як завідувач лабораторії, я хочу мати можливість додавати замовлення самостійно, якщо клієнт звернувся особисто або через інший канал

12. Як завідувач, я хочу аналізувати статистику, щоб планувати завантаження обладнання

13. Як завідувач, я хочу мати можливість коригувати тарифи та впливати на розрахунок вартості замовлення в калькуляторі у разі зміни цін на послуги

14. Як користувач, я хочу мати можливість зареєструватися та авторизуватися у системі, щоб отримувати персоналізований доступ до замовлень вебсайту

15. Як користувач, я хочу отримувати сповіщення про зміну статусу мого замовлення, щоб не пропустити момент, коли його потрібно забрати або надати додаткову інформацію

16. Як користувач, я хочу мати зручне меню навігації по сайту, щоб швидко переходити до потрібних розділів.

17. Як користувач, я хочу мати можливість завантажувати 3D-моделі у кількох форматах (STL, OBJ), щоб не витратити час на додаткову конвертацію файлів