

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та систем

Кафедра Медіасистем та технологій
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

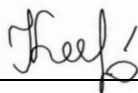
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Проектування UI/UX інтерфейсу мобільного застосунку
для навчання дітей з дальтонізмом «Math Assist»
(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,
групи ВПВПС-22-1



Катерина БОЯР
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма
Видавничо-поліграфічна справа
(повна назва освітньої програми)

Керівник  проф. Нонна КУЛШОВА
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту
Завідувач кафедри МСТ


(підпис)

Жанна ДЕЙНЕКО
(власне ім'я, прізвище)

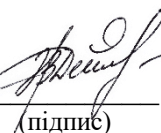
2026 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та систем
Кафедра Медіасистем та технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Видавничо-поліграфічна справа
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ


(підпис)

« 8 » червня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Бояр Катерині Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування UI/UX інтерфейсу мобільного застосунку
для навчання дітей з дальтонізмом «Math Assist»

затверджена наказом по університету від 1 червня 2026 р. № 454 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 16 липня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи

Національні та міжнародні стандарти й рекомендації з доступності цифрових інтерфейсів (WCAG 2.2); принципи UI/UX-дизайну та usability; методи побудови інформаційної архітектури; наукові матеріали щодо колірного сприйняття та особливостей дальтонізму; матеріали щодо проектування навчальних застосунків; опис користувацьких цілей і портрет користувача; сценарії використання та вимоги до застосунку; формат мобільного екрана 390 × 844 px (iOS); програмні засоби Figma.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; Аналітичний огляд літератури та аналогів; Концепція та вимоги до інтерфейсу; Проектування інформаційної архітектури та навігації; Розробка дизайн-системи та інтерактивного прототипу; Тестування, аналіз результатів та доопрацювання інтерфейсу; економічна частина; висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Титульний слайд; актуальність, мета та завдання роботи; цільова аудиторія; результати аналізу аналогів; результати анкетування; інструментальні засоби; структура та інформаційна архітектура мобільного додатка; дерево навігації; модульна сітка та візуальний стиль; UI-kit; користувацький сценарій (User Flow); макети; економічна частина; висновки.

6. Консультанти розділів роботи (п. 6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п. 1)

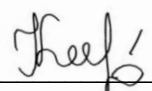
Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Кулішова Н.Є.		14.07.2026
Економічна частина	доц. Потій О.О.		13.07.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	10.06.2026	виконано
2	Аналітичний огляд літератури та аналогів	12.06.2026	виконано
3	Розробка концепції та вимог до інтерфейсу	15.06.2026	виконано
4	Проектування інформаційної архітектури та навігації	20.06.2026	виконано
5	Розробка дизайн-системи та інтерактивного прототипу	25.06.2026	виконано
6	Тестування, аналіз результатів та доопрацювання інтерфейсу	30.06.2026	виконано
7	Економічна частина	05.07.2026	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	08.07.2026	виконано
9	Оформлення графічної частини	13.07.2026	виконано
10	Захист кваліфікаційної роботи	17.07.2026	виконано

Дата видачі завдання 8 червня 2026 р.

Здобувач


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

проф. Нонна КУЛІШОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 89 с., 16 табл., 15 рис., 5 дод., 36 джерел.

UI/UX-ДИЗАЙН, МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК, ДОСТУПНІСТЬ, ДАЛЬТОНІЗМ, БЕЗБАРВНЕ КОДУВАННЯ, КОНТРАСТ, ДИЗАЙН-СИСТЕМА, ПРОТОТИП, ЮЗАБІЛІТІ-ТЕСТУВАННЯ.

Метою роботи є проектування UI/UX-інтерфейсу мобільного застосунку для навчання математики дітей з дальтонізмом «Math Assist» з обґрунтуванням і перевіркою його зручності та доступності для користувачів з порушенням колірного сприйняття.

У роботі проаналізовано типи порушень кольоросприйняття та їх вплив на сприйняття навчального матеріалу, вимоги стандарту доступності WCAG 2.2 та застосунки-аналоги, визначено цільову аудиторію й сформовано вимоги до інтерфейсу. Спроектовано інформаційну архітектуру, схему навігації та модульну сітку застосунку. Розроблено доступну дизайн-систему, у якій реалізовано безбарвне кодування інформації, типографіку та бібліотеку компонентів.

У середовищі Figma створено високодеталізовані макети екранів застосунку «Math Assist» та інтерактивний прототип. Виконано інструментальну перевірку контрасту за стандартом WCAG 2.2 і юзабіліті-тестування із залученням проксі-користувачів; за його результатами інтерфейс доопрацьовано. Також виконано економічне обґрунтування розробки.

Результатом роботи є доступний інтерфейс мобільного навчального застосунку з інтерактивним прототипом, який може бути використаний як основа для створення повноцінного продукту.

ABSTRACT

Explanatory note of the qualification work: 89 p., 16 pic., 15 tab., 5 app., 36 references.

UI/UX DESIGN, MOBILE APPLICATION, ACCESSIBILITY, COLOR VISION DEFICIENCY, COLOR-INDEPENDENT ENCODING, CONTRAST, DESIGN SYSTEM, PROTOTYPE, USABILITY TESTING.

The purpose of the work is to design the UI/UX interface of the mobile application «Math Assist» for teaching mathematics to children with color vision deficiency, substantiating and verifying its usability and accessibility for users with color vision deficiency.

The work analyzes the types of color vision deficiencies and their impact on the perception of educational material, the requirements of the WCAG 2.2 accessibility standard and analogous applications, identifies the target audience and forms requirements for the interface. The information architecture, navigation scheme and modular grid of the application are designed. An accessible design system is developed, implementing color-independent encoding of information, typography and a component library.

High-fidelity mockups of the «Math Assist» application screens and an interactive prototype were created in the Figma environment. Instrumental contrast verification according to the WCAG 2.2 standard and usability testing involving proxy users were performed; based on their results, the interface was refined. An economic justification of the development was also performed.

The result of the work is an accessible interface of a mobile educational application with an interactive prototype, which can be used as the basis for creating a full-fledged product.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ	11
1.1 Актуальність теми та проблема доступності освітніх застосунків.....	11
1.2 Характеристика об'єкта проєктування.....	11
1.3 Мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження	13
1.4 Вихідні дані та обмеження проєкту.....	14
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ	17
2.1 Стан питання у наукових і технічних джерелах	17
2.2 Дальтонізм: типи, статистика, вплив на сприйняття навчального контенту	18
2.3 Доступність цифрових інтерфейсів: стандарт WCAG 2.2 та принципи інклюзивного дизайну.....	20
2.4 Аналіз аналогів: мобільних застосунків для вивчення математики	21
2.5 Аналіз аналогів з погляду доступності для дітей з дальтонізмом	25
2.6 Обґрунтування вибору методик тестування зручності використання ..	29
3 КОНЦЕПЦІЯ ТА ВИМОГИ ДО ІНТЕРФЕЙСУ	33
3.1 Цільова аудиторія та портрети користувачів.....	33
3.2 Сценарії використання та ключові завдання користувача	36
3.3 Авторська концепція: система мотивації та персонаж-асистент	38
3.4 Технічні, функціональні та нефункціональні вимоги	39
4 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ АРХІТЕКТУРИ ТА НАВІГАЦІЇ... 41	
4.1 Інформаційна структура застосунку	41
4.2 Побудова дерева навігації.....	43
4.3 Модульна сітка та правила побудови екранів у вертикальному й горизонтальному положеннях	45
4.4 Адаптивність інтерфейсу: макети для вертикального та горизонтального положень екрана	49
4.5 Ескізні рішення. Пошук візуального стилю.....	51

5 РОЗРОБКА ДИЗАЙН-СИСТЕМИ ТА ІНТЕРАКТИВНОГО ПРОТОТИПУ	52
5.1 Кольорова система, безпечна для типів дальтонізму	52
5.2 Безбарвне кодування інформації: форма, іконка, патерн та візуальна ієрархія.....	55
5.3 Типографіка, кегль та читабельність для дітей 13-18 років.....	57
5.4 Розробка бібліотеки компонентів інтерфейсу (UI-kit)	59
5.5 Макетування ключових екранів застосунку	59
5.6 Реалізація навігації, інтерактивних зв'язків та анімацій прототипу	61
6 ТЕСТУВАННЯ, АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ДООПРАЦЮВАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ	64
6.1 Організація онлайн-тестування: анкетування, умови, завдання, критерії оцінювання	64
6.2 Тестування зручності використання: тест п'яти секунд, шкала SUS.....	65
6.3 Тестування доступності інтерфейсу на симуляції дальтонізму	66
6.4 Інструментальна перевірка контрасту та колірних пар	66
6.5 Обробка та аналіз отриманих результатів.....	68
6.6 Доопрацювання інтерфейсу: порівняння «було/стало»	71
6.7 Обмеження дослідження та рекомендації щодо подальшого розвитку	72
7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	74
7.1 Технічні характеристики програмного продукту	74
7.2 Послуги сервісної системи.....	75
7.3 Захист споживчих якостей продукту.....	76
7.4 Оцінка конкурентоспроможності нового програмного продукту	76
ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	86
ДОДАТОК А Аналоги видання.....	90
ДОДАТОК Б Ескізні рішення.....	94
ДОДАТОК В Анкета та результати анкетування	96
ДОДАТОК Г Бібліотека компонентів інтерфейсу (UI-kit)	105
ДОДАТОК Ґ Макети екранів застосунку (вертикальна та горизонтальна орієнтація)	109

ВСТУП

Дальтонізм рідко сприймають як перешкоду в навчанні. Людина з порушенням кольоросприйняття не втрачає зір і не має видимих обмежень, тому її труднощі зазвичай залишаються непоміченими – і саме через це не враховуються під час проєктування цифрових продуктів. Проблема виявляється там, де колір несе зміст, а в навчальних матеріалах він постійно виконує роль коду: зелений означає «правильно», червоний – «помилка», кольором виділяють умову задачі, розрізняють криві на графіку, маркують рівні складності. Якщо користувач не розрізняє червоний і зелений, ці сигнали для нього зникають, а разом із ними – частина навчального змісту.

Мобільні навчальні застосунки, які давно стали звичним інструментом самостійної підготовки школярів, цю проблему тільки загострюють. Вони дають змогу опановувати матеріал та виконувати завдання у власному темпі, проте математичний контент насичений графіками, діаграмами й системою перевірки відповідей – тобто саме тими елементами, які традиційно кодуються кольором. До того ж екран смартфона малий, елементи розташовані щільно, а часу на розпізнавання в користувача мало. Аналіз ринку показує, що жоден із поширених застосунків для навчання математики не декларує адаптації для користувачів з порушеннями кольоросприйняття. Отже, значна група школярів користується продуктами, які об'єктивно працюють проти них.

Актуальність роботи над мобільним застосунком «Math Assist» полягає у відповіді на сучасні освітні виклики, спрямовані на забезпечення інклюзивності та доступності навчання для дітей з дальтонізмом. У контексті швидкого розвитку цифрових технологій існує гостра потреба у створенні ефективного та адаптивного дизайнерського рішення, яке б враховувало потреби дітей з дальтонізмом та дало їм можливість отримання якісної та зрозумілої освіти на рівні з іншими однолітками, що підкреслює спрямованість на створення справедливого та рівноправного освітнього

середовища. Ця потреба узгоджується зі світовими тенденціями проєктування цифрових продуктів, провідною з яких є інклюзивний дизайн, за якого продукт від початку створюється придатним для якнайширшого кола користувачів, а міжнародні рекомендації з доступності прямо забороняють використовувати колір як єдиний засіб передавання інформації. Проте в українському сегменті освітніх застосунків ці принципи впроваджуються фрагментарно: розробники обмежуються візуальною привабливістю інтерфейсу, не перевіряючи, як він працює для користувача з іншим типом сприйняття. Саме тому наперед потребує вдосконалення. Проєктування інтерфейсу зі створенням інтерактивного прототипу дозволяє перевірити інформаційну архітектуру, логіку навігації та доступність візуальних рішень ще до технічної реалізації продукту, що зменшує кількість помилок, часових і фінансових витрат на подальших етапах розробки. Практичне значення роботи полягає в тому, що її результатом є придатний до подальшої реалізації прототип навчального застосунку, а також відпрацьований підхід до проєктування інтерфейсу, доступність якого не задекларована, а підтверджена результатами тестування.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування UI/UX інтерфейсу мобільного застосунку «Math Assist» для навчання математики дітей з дальтонізмом, який забезпечує доступність навчального контенту та зрозумілість подання інформації незалежно від особливостей кольоросприйняття користувача.

Об'єктом проєктування є процес UI/UX-проєктування інтерфейсу мобільного навчального застосунку, орієнтованого на користувачів з порушеннями кольоросприйняття, що охоплює формування його інформаційної структури, системи навігації, дизайн-системи та інтерфейсної взаємодії користувача з навчальним математичним контентом.

Предметом проєктування є кольорова система, засоби безбарвного кодування інформації, типографіка, інформаційна архітектура та інтерактивний прототип мобільного застосунку «Math Assist», розробленого засобами UI/UX-дизайну у середовищі Figma.

Пояснювальна записка складається з семи розділів. У розділі 1 проаналізовано завдання на кваліфікаційну роботу: сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет проєктування, наведено вихідні дані та обмеження проєкту. У розділі 2 подано аналітичний огляд – розглянуто типи порушень кольоросприйняття та їх вплив на сприйняття навчального матеріалу, вимоги стандартів доступності, виконано аналіз аналогів і обґрунтовано вибір методів тестування зручності використання. У розділі 3 сформовано концепцію інтерфейсу: визначено цільову аудиторію, побудовано портрети користувачів, описано сценарії використання та сформульовано вимоги до продукту. У розділі 4 спроектовано інформаційну архітектуру, схему навігації та модульну сітку застосунку. У розділі 5 розроблено доступну дизайн-систему – кольорову схему, безпечну для основних типів дальтонізму, засоби безбарвного кодування інформації, типографіку та бібліотеку компонентів – і на її основі створено макети ключових екранів та інтерактивний прототип у середовищі Figma. У розділі 6 описано організацію тестування, проаналізовано отримані результати та виконано доопрацювання інтерфейсу. У розділі 7 обґрунтовано економічну доцільність розробки. У висновках узагальнено результати роботи та окреслено перспективи подальшого розвитку продукту.

1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

1.1 Актуальність теми та проблема доступності освітніх застосунків

Проектування навчального застосунку зазвичай зводиться до двох завдань: подати матеріал зрозуміло і зробити інтерфейс приємним. Проблема в тому, що тестують продукт на користувачеві з типовим колірним зором і на ньому ж зупиняються.

Складність тут не тільки в тому, щоб забезпечити доступність, а в тому, щоб помітити її відсутність. Тому в освітніх продуктах доступність або взагалі не розглядають, або декларують без перевірки: інтерфейс називають зрозумілим на підставі того, що він таким видається авторові, не наводячи жодних вимірюваних показників, наприклад, ані контрасту, ані наявності альтернативних каналів передавання змісту, ані результатів перевірки на симуляції порушень кольоросприйняття.

Звідси випливає суперечність, на розв'язання якої спрямована кваліфікаційна робота. З одного боку, стандарти доступності прямо забороняють використовувати колір як єдиний засіб передавання інформації [24], а потреба в інклюзивних освітніх продуктах є визнаною. З іншого – як показує виконаний аналіз аналогів у розділі 2, на ринку немає мобільних застосунків для вивчення математики, які цю вимогу виконують і підтверджують її виконання результатами перевірки. Отже, завдання полягає не лише в тому, щоб спроектувати інтерфейс, доступний для дітей з дальтонізмом, а й у тому, щоб довести його доступність вимірюваними даними.

1.2 Характеристика об'єкта проектування

Об'єктом проектування є процес UI/UX-проектування інтерфейсу мобільного навчального застосунку, орієнтованого на користувачів з

порушеннями кольоросприйняття, що охоплює формування його інформаційної структури, системи навігації, дизайн-системи та інтерфейсної взаємодії користувача з навчальним математичним контентом.

Застосунок «Math Assist» за технологією реалізації та поширення належить до мережевих електронних видань навчального призначення. Його технічні характеристики наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика мобільного застосунку

Параметр	Значення
вид та призначення електронного видання	
Цільове призначення	навчальне
Технологія поширення	мережеве
Знакова природа інформації	текстово-ілюстраційна
Періодичність	неперіодичне
формат видання	
Розмір екрана застосунку, px	390×844 px

Формат 390×844 px відповідає роздільній здатності поширених моделей сучасних смартфонів і прийнятий як базовий для подальшого проектування.

Функціональне ядро застосунку: два предметні напрями – алгебра та геометрія, з поділом на теми; екран лекційного матеріалу з текстовим і відеоконтентом; екран виконання завдань і тестів із перевіркою відповідей; система відстеження прогресу та статистики; система мотивації, побудована на нагородах, званнях і досягненнях; персонаж-асистент на основі штучного інтелекту з чатом для пояснення матеріалу та можливістю кастомізації зовнішнього вигляду; налаштування профілю користувача.

Ідея продукту полягає в забезпеченні дитині з дальтонізмом рівноцінного, комфортного доступу до якісної навчальної платформи. Унікальність застосунку випливає з його здатності враховувати специфічні потреби користувачів з порушеннями кольоросприйняття, які традиційні навчальні застосунки ігнорують. Інтерфейс проектується так, щоб не покладатися на розрізнення кольорів: зміст, який зазвичай передається

кольором, дублюється формою, іконкою, патерном або текстовою позначкою. Система мотивації реалізована через кастомізацію персонажа-асистента: за виконані завдання користувач здобуває нагороди та звання, відкриває досягнення й елементи вбрання персонажа.

1.3 Мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження

Метою кваліфікаційної роботи є проектування UI/UX інтерфейсу мобільного застосунку «Math Assist» для навчання математики дітей з дальтонізмом, який забезпечує доступність навчального контенту та зрозумілість подання інформації незалежно від особливостей кольоросприйняття користувача.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити природу порушень кольоросприйняття, вимоги стандартів доступності та наявні підходи до проектування інклюзивних інтерфейсів;
- виконати аналіз аналогів і виявити типові помилки, що роблять навчальні застосунки недоступними для користувачів з дальтонізмом;
- обґрунтувати вибір методів UX-дослідження та тестування зручності використання;
- визначити цільову аудиторію, побудувати портрети користувачів і сценарії використання;
- сформулювати технічні, функціональні та нефункціональні вимоги до інтерфейсу;
- розробити інформаційну архітектуру, навігаційну структуру застосунку;
- спроектувати модульну сітку та адаптивні макети для різних положень екрана мобільного пристрою;
- розробити адаптовану дизайн-систему, безпечну для основних типів порушень кольоросприйняття користувачів та бібліотеку компонентів інтерфейсу;

- створити інтерактивний прототип у Figma, що відтворює основні сценарії взаємодії користувача із застосунком;
- перевірити прийняті рішення тестуванням, проаналізувати результати й доопрацювати інтерфейс;
- обґрунтувати економічну доцільність проєкту.

Об'єктом проєктування є процес UI/UX-проєктування інтерфейсу мобільного навчального застосунку, орієнтованого на користувачів з порушеннями кольоросприйняття, що охоплює формування його інформаційної структури, системи навігації, дизайн-системи та інтерфейсної взаємодії користувача з навчальним математичним контентом.

Предметом проєктування є кольорова система, засоби безбарвного кодування інформації, типографіка, інформаційна архітектура та інтерактивний прототип мобільного застосунку «Math Assist», розробленого засобами UI/UX-дизайну у середовищі Figma.

1.4 Вихідні дані та обмеження проєкту

Вихідними даними до роботи є:

- тип об'єкта проєктування: інтерфейс мобільного застосунку навчального призначення;
- призначення та основні функції інтерфейсу: забезпечення доступу до навчального математичного контенту; основні функції – дивись 1.2;
- цільова аудиторія: діти шкільного віку (13–18 років) з порушеннями кольоросприйняття, які самостійно опановують математику;
- контекст використання: самостійні заняття поза класом (удомі, у дорозі), короткі навчальні сесії, робота зі смартфоном в умовах змінного освітлення за наявності підключення до мережі;
- платформа впровадження: мобільні пристрої; формат екрана 390×844 px;
- вихідний стан продукту: розроблені концепція застосунку, ескізні рішення та модульна сітка;

- обсяг інтерфейсу: 10 ключових екранів, бібліотека компонентів інтерфейсу, основні сценарії взаємодії;
- нормативна основа забезпечення доступності: міжнародні рекомендації WCAG 2.2 [24];
- мова інтерфейсу: українська;
- очікуваний спосіб демонстрації результатів: інтерактивний прототип у середовищі Figma, макети екранів, звіт за результатами тестування [6].

Проект має такі обмеження:

- робота обмежується UI/UX-проектуванням; технічна реалізація серверної частини, бази даних, облікових записів користувачів та платіжних функцій не виконується;
- перевірка виконується на інтерактивному прототипі, а не на працездатному застосунку, що впливає на реалістичність сценаріїв взаємодії;
- тестування проводиться дистанційно, у формі онлайн-анкетування, тому вибірка є обмеженою, а спостереження за виконанням завдань у реальному часі неможливе;
- доступність перевіряється інструментально та через онлайн-анкетування на екранах, оброблених симулятором дальтонізму, оскільки залучити достатню кількість респондентів із підтвердженням діагнозом у межах роботи неможливо.
- адаптація інтерфейсу виконується лише за положенням екрана (вертикальне та горизонтальне); проектування ведеться для одного базового формату 390 × 844 px, а адаптація під інші розміри екранів мобільних пристроїв до завдань роботи не входить і визначена як напрям подальшого розвитку продукту.

Зазначені обмеження враховано під час формулювання висновків роботи.

Навчальний контент, використаний у прототипі, є демонстраційним і підготовлений на основі відкритих матеріалів шкільної програми з математики. Іконографіку сформовано з відкритої бібліотеки іконок засобами

плагіна Phosphor Icons середовища Figma; зображення персонажів-асистентів згенеровано інструментами штучного інтелекту; ілюстративні 2D- та 3D-матеріали використано з відкритих стокових ресурсів. Кольорову систему, композиційні рішення, модульну сітку та макети екранів розроблено автором роботи.

Очікуваним результатом є інтерактивний прототип інтерфейсу застосунку «Math Assist» з обґрунтованою доступною дизайн-системою, підтверджений результатами тестування та інструментальної перевірки, а також економічне обґрунтування доцільності його розробки.

2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ

2.1 Стан питання у наукових і технічних джерелах

Проектування інтерфейсів досліджується системно, охоплюючи ергономічні, методологічні та оцінювальні аспекти. Ергономіку розглянуто як міждисциплінарну основу проектування, що поєднує фізичні, когнітивні, соціальні та організаційні чинники взаємодії людини з технічною системою [13]. Досліджено проектування мобільних інтерфейсів на основі принципів Human Interface Guidelines [13] та функціональні можливості елементів дизайну мобільного застосунку як засобу покращення користувацького досвіду [2]. Окремо розглянуто роль бібліотеки компонентів (UI Kit): встановлено, що близько 90 % її обсягу становлять кнопки, чекбокси, меню та навігація, форми з полями введення, вкладки, іконки й списки [8].

Другим важливим для цієї роботи напрям є дослідження впливу кольору на сприйняття. Встановлено, що колір впливає не лише на емоції, а й на когнітивні характеристики людини: сприйняття, мислення, увагу та пам'ять; у різних колірних середовищах процес мислення відбувається по-різному [4]. Досліджено вплив колірної гами навчальної літератури на сприйняття дитиною шкільного матеріалу – це дослідження має для роботи ключове значення (див. 2.2) [4], а також роль кольору в ігрових продуктах: показано, що колір здатний підвищувати зацікавленість, знижувати стрес і посилювати концентрацію гравця, тоді як недоречно дібрані відтінки дають зворотний ефект [1].

Проте всі перелічені дослідження виходять із припущення, що користувач сприймає кольори однаково. Питання про те, що відбувається з навчальним інтерфейсом, коли частина колірних сигналів для користувача недоступна, у розглянутих роботах не поставлено. Саме це питання розглядає ця кваліфікаційна робота.

2.2 Дальтонізм: типи, статистика, вплив на сприйняття навчального контенту

Дальтонізм – знижена здатність сприймати колір або розрізняти кольори. Ступінь порушення коливається від майже непомітного до повної відсутності колірного сприйняття [20].

Сприйняття кольору забезпечують три типи колбочок сітківки: L – чутливі до довгих хвиль (червона частина спектра), M – до середніх (зелена) і S – до коротких (синя). Залежно від того, який тип колбочок не працює, розрізняють такі порушення: протанопія (відсутня чутливість колбочок типу L (червона частина спектра)); дейтеранопія (відсутня чутливість колбочок типу M (зелена частина)); тританопія (відсутня чутливість колбочок типу S (синя частина)); аномальні форми (протаномалія, дейтераномалія, тританомалія) – чутливість відповідних колбочок не зникає повністю, а послаблюється, через що близькі відтінки зливаються [20].

Принципово важливо для проєктування те, що дальтонізм не є зниженням гостроти зору. Людина бачить чітко, розрізняє форми, читає дрібний текст, не потребує ані збільшення шрифту, ані підвищення яскравості. Єдина проблема, з якою вона стискається, це колірне протиставлення певних пар. Саме тому проблема залишається непомітною: зовні такий користувач нічим не відрізняється від інших, а сам він часто не здогадується, що частина інформації до нього не дійшла.

Вплив цієї особливості на навчання доведений експериментально, причому саме на математичному матеріалі. Колориметричний аналіз шкільних підручників для дітей 5-7 років показав, що підручники з математики містять близько 10 % завдань, які для спостерігача з порушенням кольоросприйняття є дуже складними або взагалі нерозв'язними. Рівень складності кожного завдання залежить від типу й ступеня порушення, а також від освітлення, за якого дитина працює з матеріалом. Автори доходять висновку, що навчальні

матеріали потребують перепроєктування з альтернативним використанням кольорів і текстур [21].

Аналіз практик підтримки учнів із дальтонізмом у межах підходу універсального дизайну підтверджує, що Залежність навчальних матеріалів від кольору ставить учнів із порушеннями кольоросприйняття в суттєво невідповідне становище; рекомендовані рішення полягають у дублюванні колірної інформації іншими засобами – позначенні ключових елементів стрілками, цифрами чи чорним шрифтом замість кольору та поданні чорно-білих версій зображень поряд із кольоровими [18].

Експериментальне вивчення впливу колірної гами навчальної літератури на сприйняття школярами матеріалу (анкетування учнів різних вікових груп і педагогів, попарне порівняння оформлення підручників) виявило, що найбільше учнів дратує нечитабельність тексту через недостатньо контрастні кольори, а також напруження зору під час читання виносок і підписів до ілюстрацій; за таких умов школярі уникають користуватися підручником узагалі [4]. Тобто недостатній контраст шкодить сприйняттю навчального матеріалу навіть учнями без порушень колірного зору. Для користувачів із дальтонізмом, чутливість яких до окремих ділянок спектра знижена, цей ефект лише посилюється.

У цифровому середовищі проблема набуває вимірюваного характеру. Дослідження доступності колірних схем вебресурсів для людей із дальтонізмом показало, що некоректно дібрана палітра суттєво знижує розрізняваність елементів інтерфейсу; для об'єктивної оцінки цього зниження застосовано величину колірного відхилення ΔE , яка дозволяє кількісно порівняти зміну сприйняття різних груп кольорів за різних типів порушень [20]. Це принципова теза для даної роботи, доступність можна не лише оцінювати експертно, а й вимірювати.

2.3 Доступність цифрових інтерфейсів: стандарт WCAG 2.2 та принципи інклюзивного дизайну

Основним нормативним документом у сфері доступності є Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 – рекомендація W3C, чинна з 2023 року [24]. Попри назву, її принципи застосовні до будь-якого цифрового інтерфейсу, зокрема мобільного.

Для даної роботи ключовими є такі критерії [29]:

- 1.4.1 «Використання кольору» (рівень А) – колір не має бути єдиним візуальним засобом передавання інформації, позначення дії, вказівки на реакцію системи чи виокремлення елемента;

- 1.4.3 «Контраст (мінімальний)» (рівень AA) – коефіцієнт контрасту тексту до фону має становити щонайменше 4,5 : 1 для звичайного тексту і 3 : 1 для великого (від 18 pt або 14 pt напівжирного);

- 1.4.11 «Контраст нетекстового вмісту» (рівень AA) – межі елементів керування та графічні об'єкти, потрібні для розуміння, мають мати контраст щонайменше 3 : 1.

З цих вимог впливає принцип, покладений в основу проєктування застосунку «Math Assist», безбарвне кодування інформації: будь-який зміст, що передається кольором, дублюється щонайменше одним іншим каналом, а саме формою елемента, іконкою, патерном (штриховкою), текстовою позначкою або зміною положення. Тоді втрата колірного каналу не спричиняє втрати інформації.

Принципи універсального дизайну, застосовані до освітнього середовища, підтверджують ефективність такого підходу, що дублювання каналів передавання інформації підвищує зрозумілість матеріалу не лише для користувачів із порушеннями кольоросприйняття, а й для решти [18]. Отже, доступність покращує продукт не для меншості, а для всіх користувачів.

2.4 Аналіз аналогів: мобільних застосунків для вивчення математики

Для аналізу відібрано сім мобільних застосунків навчально-математичного спрямування, представлених у магазинах застосунків. Критеріями аналізу обрано: цільову аудиторію, необхідний рівень математичної підготовки, характер взаємодії з продуктом, вікову адекватність дизайну, актуальність візуальних рішень, шрифтове оформлення, кольорову гаму, модульну сітку та цілісність концепції.

Math Formula with Practice (Додаток А, рис. А.1) [26]. Орієнтований на учнів старшої школи та студентів першого курсу; рівень необхідних знань варіюється від середньої до випускної школи. Математичні розділи, розділ з тестами та службові функції (видалення реклами, оцінювання застосунку) розташовані в одній модульній сітці послідовно, унаслідок чого головний екран не має смислового фокуса й орієнтування ускладнене. Модульна сітка головного екрана й екрана тесту сама по собі не викликає проблем, проте візуально складно зосередитися на чомусь одному. На екрані тесту елементи розташовані неоднорідно, лишаючи значний обсяг невикористаного простору. Кольорова гама віково-нейтральна, однак не сприяє продуктивності й не мотивує повертатися до застосунку. Обрані елементи не є актуальними для цільової вікової категорії: позначки розділів гострі, грубі, вирізняються із загального стилю; вибір правильної відповіді візуально відокремлений від варіантів відповіді, що дезорієнтує; кнопки на екрані тесту оформлені однаково, хоча виконують принципово різні функції (Додаток А, рис. А.1). Шрифтове оформлення однотипне й не створює ієрархії. Концепція цілісна, є вивчення теорії з прикладами та закріплення тестами, проте своєрідності не виявлено.

ІТ JAM Mathematics Exam (Додаток А, рис. А.2) [27]. Орієнтований на студентів перших курсів університету; рівень початкових знань для перших тем обмежується шкільною програмою. Застосунок структурно поділений на верхню панель, нижню навігацію та контентну область, яка має різні блоки й способи відображення інформації. Такий макет близький до користувача, є актуальним,

забезпечує легкий доступ до основних опцій, а іконки в нижній навігації спрощують ідентифікацію функцій, особливо для новачків. Обрана тема містить лекційні матеріали (текстові та відео) і тести, скомпоновані методом вкладок, що дає змогу швидко орієнтуватися й знаходити потрібне; зображення на елементі списку дозволяє типізувати контент (Додаток А, рис. А.2). Наявне відстеження прогресу, яке забезпечує мотивацію, орієнтацію на цілі та оцінку результативності, а також текстовий пошук за матеріалами застосунку.

Incredible Math (Додаток А, рис. А.3) [28]. Необхідний рівень математичної підготовки – молодша школа; призначений для молодшої та середньої. Нижня навігація дозволяє швидко змінити розділ математики, проте пошук секцій суттєво ускладнений через розгорнуте відображення тем; візуалізація, яка покращувала б взаємодію дитини із застосунком, відсутня. Бокова навігація дає швидкий доступ до всіх функціональних можливостей, однак на екрані розв'язання задач нижня й бокова навігація зникають (Додаток А, рис. А.3). Вікова адекватність дизайну не відповідає рівню структурованості та швидкості навігації, потрібному для цієї категорії користувачів. Використано однотипний шрифт із випадковим кеглем, через що дизайн не виглядає привабливим і читабельним. Кольорова гама контрастна та яскрава, що є перевагою, проте не має гармонії із загальним інтерфейсом, тому застосунок не сприймається збалансованим. На екрані розв'язання елементи модульної сітки скупчені вгорі, що погіршує візуальну композицію й лишає невиправдано багато вільного простору. Сильні сторони: система підказок, перевірка відповідей, відстеження прогресу кожної секції, система мотивації та можливість створення індивідуального плану.

High School Math Practice (Додаток А, рис. А.4) [29]. Вікова категорія – студенти початкових курсів; мінімальний рівень підготовки – старша школа. Відсутність фіксованого головного екрана ускладнює користування; вся навігація зосереджена в боковій панелі, що спрощує доступ до функцій і створює відчуття більшого простору, проте на екранах розв'язання ця панель недоступна. Застосунок здебільшого складається з тексту, тому єдиним

виразним візуальним елементом є візуалізація складності тесту. Шрифтове оформлення подібне до IT JAM, але з меншою варіабельністю, чого достатньо для такої структури. Наявний один основний колір – зелений, і поодинокі жовтогарячі елементи, що робить дизайн максимально простим для сприйняття, проте бракує виділення головних і другорядних елементів різним колірним фокусом. Модульна сітка здебільшого доцільна, однак головною проблемою, як і в попередніх застосунках, є екран розв’язання завдань із надлишком вільного простору. Особливо невдалим рішенням є розташування таймера у верхній частині заголовка та кегль його відліку; ту саму ваду має індикатор прогресу проходження тесту, унаслідок чого відстежувати час і кількість виконаних завдань складно. Рідкісною перевагою є пошук індивідуального репетитора та створення власних добірок завдань.

Formulia (Додаток А, рис. А.5) [30]. Мультидисциплінарний застосунок для учнів старшої школи та студентів. Головний екран і екран теорії містять усі необхідні елементи відображення й навігації, структуровані блоки та логічне розташування тексту, що забезпечує інтуїтивне й зручне користування. Шрифтова гарнітура дібрана грамотно й формує чітку ієрархію. Загалом застосунок є прикладом того, як слід сучасно проєктувати навчальний контент: чітко, структуровано, інтерактивно.

Math Tests: learn mathematics (Додаток А, рис. А.6) [31]. Орієнтований на учнів середньої школи; мінімальний рівень знань відповідає молодшій школі. Нижня чи бокова навігація відсутня, проте це не заважає користуванню, оскільки головний екран містить усі потрібні елементи навігації по розділах. Картки розділів добре скомпоновані в модульній сітці й мають логічні ілюстрації, що полегшує взаємодію та приваблює дітей. Проте гарнітура має надто малий міжлітерний інтервал і кегль, що не відповідає віковій категорії та знижує читабельність. Помітною проблемою є шрифтове оформлення карток: одна картка містить багато тексту різних кеглів, а заголовок не має чіткого виділення й не привертає уваги першочергово, що ускладнює пошук серед однорідного контенту. На екрані тесту кегль замалий, попри достатній

обсяг вільного місця (Додаток А, рис. А.12); елементи таймера та статистики проходження надто дрібні й не сприймаються. Дві картки «Question» і «Correct answer» займають близько 90 % екрана й розташовані надто близько одна до одної, через що оформлення карток не читається як естетичне рішення. Світло-салатовий колір інтерфейсу допомагає дітям збалансувати емоції та стимулює мислення. Концептуально застосунок є цілісним навчальним рішенням: дитина вивчає теоретичний матеріал і закріплює його тестами. Вдалими доповненнями є пошук по всіх матеріалах, можливість додати батьків для дистанційного відстеження прогресу дитини, а також розділи статистики, результатів і досягнень на головному екрані, які переводять навчання в ігрову форму. Можливість складати власний план навчання дозволяє адаптувати матеріали під кожного учня.

Khan Academy (Додаток А, рис. А.7) [32]. Дозволяє обрати вікову категорію від дошкільної до останніх курсів університету, тому рівень математичних здібностей не є фіксованим. Взаємодія зосереджена на головному екрані як відправній точці; інші розділи з нижньої панелі навігації завжди доступні. Навігація розгалужена, оскільки функціональні можливості широкі, проте завдяки структурованому контенту, роботі з ілюстраціями та гарнітурою орієнтуватися легко. Параметри модульної сітки однакові на всіх екранах, що створює враження цілісного середовища; елементи добре скомпоновані, розділені й мають чітку ієрархію. Ілюстрації супроводжують користувача на всіх екранах, гармонійно відповідають контенту й допомагають орієнтуванню. Гарнітура – гротеск, дібрана вдало, з роботою в різних накресленнях, що формує логічну ієрархічну структуру. Кольорова гама побудована на відтінках синього та впроваджена мінімалістично, що не відволікає від контенту. Колірне різноманіття створюється через ілюстрації до розділів, виконані в одному стилі; контрастність відтінків допомагає фокусуванню. Концепція цілісна: лекційні матеріали у вигляді відео та конспекту, тестові завдання для закріплення знань (збереження контенту в обране, окремий екран пошуку, система мотивації та відстеження прогресу).

Узагальнення. Аналіз показує, що більшість застосунків для вивчення математики адаптують інтерфейси до різних вікових категорій, забезпечуючи широке покриття аудиторії. Центральним елементом успішних рішень є правильно спроектована модульна сітка, яка створює логічну структуру інтерфейсу та спрощує навігацію; саме єдина сітка на всіх екранах відрізняє Khan Academy і Formulia від решти. Різноманітність контенту від теоретичних матеріалів до практичних завдань робить навчальний процес цілісним, а функціональні рішення (системи мотивації, таймери, відстеження прогресу) підвищують залученість користувача.

Водночас виявлено повторювані недоліки, що знижують користувацький досвід: ускладнена навігація, яка дезорієнтує користувача, невдале розташування елементів, неефективний вибір гарнітури й кеглю, невикористання іконографіки та символів для швидкої ідентифікації функцій, надлишок невикористаного простору на екранах розв'язання завдань, однакове оформлення кнопок різного призначення. Окремою проблемою є невдала комбінація кольорів і низька контрастність між елементами саме вона стає перешкодою для користувача з порушеннями кольоросприйняття й робить застосунок неадаптивним для широкого кола людей, що детально розглянуто в підрозділі 2.5.

2.5 Аналіз аналогів з погляду доступності для дітей з дальтонізмом

Жоден із семи розглянутих застосунків не декларує підтримки користувачів із порушеннями кольоросприйняття: у їхніх описах немає згадок про доступність, а в налаштуваннях відсутні режими підвищеного контрасту чи альтернативних колірних схем. Це узгоджується з висновком про те, що гнучкість інтерфейсу – це можливість підлаштувати оформлення під потреби користувача, залишається невиконаною вимогою для більшості продуктів [15].

Аналіз механізмів кодування інформації дозволяє встановити, які саме сигнали втрачаються при дальтонізмі.

У всіх застосунках, що містять тести, результат відповіді позначається протиставленням зеленого й червоного. Це найуразливіша конструкція, саме червоно-зелена пара недоступна для протанопії та дейтеранопії є найпоширенішою формою дальтонізм [18]. Користувач бачить дві плашки однакового відтінку й не може визначити, яку відповідь зараховано. Оскільки в жодному із застосунків результат не дублюється іконкою чи текстовою позначкою, інформація втрачається повністю. Це прямо порушує критерій WCAG 1.4.1 [24]

Маркування розділів і рівнів складності. У Khan Academy, Incredible Math та Math Tests розділи й рівні складності розрізняються кольоровими мітками. За наявності підписів це не критично, проте швидке орієнтування за кольором, на яке розраховує дизайн, не працює, бо замість миттєвого зчитування користувач змушений читати текст, що збільшує час виконання завдання.

Індикатори прогресу. Кольорові діаграми та шкали прогресу (Khan Academy, IT JAM, High School Math Practice) розрізняють сегменти виключно за кольором. Без штриховки, підписів або різної форми сегментів такі діаграми для користувача з дальтонізмом перетворюються на однорідну пляму.

Окрему проблему становить недостатній контраст дрібних елементів, а саме таймера й лічильника завдань у Math Tests та High School Math Practice. Це узгоджується з результатами кафедрального дослідження, яке показало, що саме недостатній контраст є основною претензією школярів до оформлення навчальних матеріалів [4]

За узагальненими результатами аналізу обох підрозділів було сформовано таблицю 2.1.

Механізми кодування інформації, застосовані в розглянутих застосунках, та наслідки їх використання для користувачів із порушеннями кольоросприйняття узагальнено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз та узагальнені відомості аналогів

Застосунок	Цільова аудиторія	Структура та навігація	Візуальне рішення: сітка, типографіка, колір	Сильні сторони	Слабкі сторони
1	2	3	4	5	6
Math Formulas with Practice	старша школа, студенти	Розділи, тести й службові функції в одній сітці послідовно; головний екран без смислового фокуса	Однотипна гарнітура без ієрархії; віково-нейтральна гама, що не мотивує; кнопки різного призначення оформлені однаково	Цілісна логіка «теорія – тест»	Дезорієнтація на головному екрані; порожній простір на екрані тесту; відсутність своєрідності
IIT JAM Mathematics Exam	студенти	Верхня панель, нижня навігація, контентна область; іконки спрощують ідентифікацію функцій	Задовільна типографіка; стримана гама; вкладки для теорії й тестів	Швидке орієнтування; відстеження прогресу; текстовий пошук	Обмежена візуальна виразність; орієнтація лише на студентів
Incredible Math	молодша, середня школа	Нижня й бокова навігація, що зникають на екрані розв'язання; пошук тем ускладнений	Випадковий кегль знижує читабельність; яскрава гама неузгоджена із загальним стилем	Підказки, перевірка відповідей, індивідуальний план	Втрата навігації на ключовому екрані; скупчення елементів; дизайн не відповідає віку
High School Math Practice	старша школа, перші курси	Немає фіксованого головного екрана; навігація лише в боковій панелі, недоступній на екранах розв'язання	Один основний колір без виділення головного й другорядного; дрібний кегль таймера й лічильника	Пошук репетитора; власні добірки завдань	Надлишок порожнього простору; неможливо відстежувати час і прогрес

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Formula	старша школа, студенти	Усі потрібні елементи навігації на головному екрані; логічне розташування тексту	Грамотна гарнітура з чіткою ієрархією; стримана гама	Приклад сучасного, структурованого подання контенту	Немає системи мотивації; слабка персоналізація
Math Tests: learn mathematics	середня школа	Навігація зосереджена на головному екрані; картки розділів з логічними ілюстраціями	Замалий кегль і міжлітерний інтервал; заголовки карток не виділені; світло-салатова гама	Пошук по матеріалах; підключення батьків; статистика й досягнення	Низька читабельність; дві картки займають 90 % екрана тесту; дрібний таймер
Khan Academy	від дошкільного віку до університету	Розгалужена, але зрозуміла навігація; головний екран як відправна точка	Єдина модульна сітка на всіх екранах; гротеск у різних накресленнях; мінімалістична синя гама	Цілісна концепція: відео, конспект, тести, обране, пошук, мотивація	Розгалуженість вимагає звикання; прогрес кодується лише кольором

Таблиця 2.2 – Аналіз механізмів кодування інформації в застосунках-аналогах

Застосунок	Механізм кодування	Що втрачається при протанопії чи дейтеранопії	Дублювання іншим каналом	Порушений критерій WCAG
1	2	3	4	5
Math Formulas with Practice	результат відповіді – зелений / червоний	обидві плашки зчитуються як однаковий відтінок; неможливо визначити, яку відповідь зараховано	відсутнє	1.4.1
ИТ JAM Mathematics Exam	індикатор прогресу – колірні сегменти	сегменти не розрізняються; прогрес не зчитується	відсутнє	1.4.1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
Incredible Math	мітки розділів і результат тесту – колір	розділи зливаються; результат відповіді не визначається	відсутнє	1.4.1
High School Math Practice	складність тесту – колір; таймер і лічильник – низький контраст	рівень складності не розрізняється; таймер і лічильник не зчитуються	відсутнє	1.4.1, 1.4.3
Formulia	виділення активного елемента – колір	активний елемент не відрізняється від неактивного	відсутнє	1.4.1
Math Tests: learn mathematics	результат відповіді – колір; дрібні елементи – низький контраст	результат не визначається; таймер і статистика не зчитуються	відсутнє	1.4.1, 1.4.3
Khan Academy	сегменти діаграми прогресу – колір	діаграма сприймається як однорідна пляма	часткове: підписи розділів	1.4.1

Отже, основна проблема аналогів полягає не в тому, що вони використовують колір, а в тому, що колір у них є єдиним каналом передавання функціонально важливої інформації. Жоден із застосунків не застосовує дублювання іконкою, формою, патерном чи текстовою позначкою. Це визначає головну проєктну вимогу до застосунку «Math Assist»: усі функціонально значущі стани інтерфейсу мають кодуватися щонайменше двома незалежними каналами.

2.6 Обґрунтування вибору методик тестування зручності використання

Тестування UX є обов’язковою складовою розробки якісного продукту, а до задач UI/UX-досліджень належать розуміння потреб і поведінки користувачів, виявлення проблемних точок юзабіліті в наявному дизайні, оцінка ефективності дизайнерських рішень та вимірювання задоволеності користувачів [2].

Обґрунтування анкетного формату. Тестування проводиться у формі онлайн-анкетування. Такий формат обрано з трьох причин: він не потребує присутності дослідника, що є єдиною можливістю за дистанційних умов роботи; він дає від кожного учасника однаковий набір відповідей, які можна звести до числових показників і порівняти між собою та з результатами повторного тестування; він дозволяє опитати всіх учасників паралельно, без окремої сесії для кожного. Формалізацію оцінки юзабіліті на підставі опитувальних та анкетних технологій обґрунтовано і в [3]; онлайн-опитування розглядається як спосіб перевірити припущення на великій групі користувачів і виявити закономірності в їхній поведінці [5]

Аналіз методів оцінювання ефективності прототипів показує, що всі вони поділяються на кількісні та якісні й кожен має обмеження: теплові карти фіксують наслідки поведінки, але не розкривають її причин; юзабіліті-тестування дає глибокий аналіз, проте є ресурсозатратним. Найефективнішим є поєднання кількох методів, оскільки воно компенсує обмеження кожного окремо [9]. Комбінований підхід до тестування інтерфейсів, що поєднує методи оцінювання зручності з перевіркою виконання ключових функцій, обґрунтовано і в колективній монографії [22]. Саме на цьому принципі побудовано програму тестування цієї роботи.

Тест п'яти секунд. Учаснику показують екран протягом п'яти секунд, після чого він відповідає на запитання про те, що встиг помітити. Метод належить до короткострокових візуальних перевірок, які застосовують разом із подальшим анкетуванням для оцінювання запам'ятовуваності кольорових рішень інтерфейсу [10]. Обрано тому, що дозволяє перевірити, чи зчитується візуальна ієрархія з першого погляду і чи не втрачаються ключові елементи інтерфейсу за короткий час контакту з екраном. Альтернатива, модероване спостереження, яке дало б багатші дані, але дистанційно нездійсненна..

Шкала зручності використання (SUS). Стандартизований опитувальник із десяти тверджень, у якому позитивні й негативні формулювання навмисно чергуються, щоб респондент вчитувався в кожне твердження, а не відповідав

автоматично. Внесок непарних тверджень обчислюється як «оцінка мінус один», парних – як «п'ять мінус оцінка», сума множиться на 2,5, що дає підсумковий бал у діапазоні від 0 до 100 [16]. Метод обрано тому, що це єдиний спосіб отримати порівнюваний числовий показник зручності: бал SUS можна зіставити з нормативними значеннями і, що важливіше, порівняти «до» й «після» доопрацювання інтерфейсу. Він дає кількісну основу для підрозділу 8.6.

Обґрунтування обсягу вибірки. Кількість учасників визначено відповідно до класичної рекомендації: за наявних емпіричних даних один користувач виявляє близько 31 % проблем юзабіліті, п'ятеро – приблизно 85 %, а подальше збільшення вибірки дає дедалі менший приріст нових знахідок; для виявлення всіх проблем знадобилося б близько п'ятнадцяти учасників, проте ефективніше провести кілька невеликих тестів, ніж один великий [19]. Водночас для кількісних метрик, до яких належить SUS, рекомендована вибірка є більшою, тому отриманий бал SUS розглядається як орієнтовний показник, а не як статистично значуще значення; це обмеження зафіксовано в підрозділі 8.7.

Тестування на симуляції порушень кольоросприйняття (метод *proху users*). Учаснику показують екрани, оброблені симулятором дальтонізму [17], і пропонують виконати завдання: визначити, яка відповідь зарахована, знайти кнопку продовження, назвати обрані фільтри.

Цей підхід ґрунтується на методиці *proху users* – залучення учасників, характеристики або досвід яких наближені до цільової аудиторії, у випадках, коли доступ до реальних кінцевих користувачів обмежений. Методику розроблено й експериментально перевірено в дослідженні кафедри медіасистем та технологій ХНУРЕ, де її застосовано для оцінювання юзабіліті інтерфейсу за умов, коли залучення реальних користувачів було неможливим; автори доводять, що методика придатна саме для систем з обмеженим доступом до цільової аудиторії [23]. У цій роботі роль *proху users* виконують учасники з типовим колірним зором, поставлені за допомогою симуляції в умови втраченого колірного каналу. Такий підхід дозволяє отримати

користувацькі дані про доступність інтерфейсу, не залучаючи респондентів із підтвердженим діагнозом, кількість яких у межах кваліфікаційної роботи є недостатньою.

Інструментальна перевірка контрасту. Обчислення коефіцієнтів контрасту всіх кольорних пар інтерфейсу та їх зіставлення з нормами WCAG 2.2 [24] за допомогою спеціалізованих засобів. Обрано як об'єктивне доповнення до користувацьких методів: дає точні числові значення, не залежні від складу вибірки. Потреба в оновлених, вимірюваних критеріях оцінювання інтерфейсів обґрунтована і в дослідженнях, зазначених у джерелі [7]

Методи, від яких свідомо відмовлено:

- айтрекінг і теплові карти. Потребують лабораторного обладнання або працездатного застосунку з аналітикою; крім того, теплові карти не пояснюють причин поведінки користувача [9];
- А/В-тестування. Потребує великої вибірки та реального трафіку;
- модероване спостереження. Несумісне з дистанційним форматом і ресурсозатратне [9];
- карткове сортування. Перевіряє інформаційну архітектуру, що не є предметом цієї роботи;
- експертна оцінка. Дає думку фахівця, а не дані користувачів, тобто не задовольняє вимогу щодо підтвердження результатів даними тестування [6].

Обрана комбінація дає три незалежні джерела даних: суб'єктивну оцінку зручності (SUS), об'єктивні показники виконання завдань (тест п'яти секунд, завдання на симуляції) та інструментальні вимірювання (контраст). Їх поєднання дозволяє перевірити прийняті рішення з різних боків і уникнути залежності висновків від одного методу, що відповідно до принципу комплексного тестування [11] суб'єктивної оцінки з об'єктивними показниками виконання сценаріїв відповідає й структурі методики проху users, у якій суб'єктивна та об'єктивна складові оцінювання роблять незалежний внесок у підсумковий показник юзабіліті [23].

3 КОНЦЕПЦІЯ ТА ВИМОГИ ДО ІНТЕРФЕЙСУ

3.1 Цільова аудиторія та портрети користувачів

Основною цільовою аудиторією застосунку «Math Assist» є учні старших класів (13-18 років) з порушеннями кольоросприйняття, які самостійно опановують математику і готуються до національного мультипредметного тесту або поглиблюють знання для власного розвитку. При цьому продукт лишається придатним для всіх учнів цієї вікової групи: доступність закладається як принцип побудови інтерфейсу, а не як окремий режим, який треба увімкнути.

Користувачі мають достатній рівень інформаційної грамотності, вміють користуватися електронними засобами навчання, самостійно планують навчання, обирають зручний час і темп. Для них характерна щонайменше одна з таких психологічних рис, як висока мотивація до вивчення математики, самосвідомість, самодисципліна, стресостійкість або залученість у процес навчання. Місце проживання значення не має, бо застосунок може поширюватись через магазини додатків.

Для конкретизації потреб побудовано три портрети користувачів, що відображають різні профілі аудиторії.

Портрет 1. Сергій, 17 років, м. Львів. Дейтеранопія.

Учень старшої школи. Дальтонізм не заважає йому бути учасником шкільного математичного гуртка – два роки поспіль він посідає призові місця на обласних олімпіадах з математики. Мріє вступити до Київського національного університету і стати інженером-програмістом. За характером Сергій соціально замкнений, тому свідомо відмовляється від занять із репетитором і надає перевагу самонавчанню. Уміння організовувати власний час розвинуте не до кінця, проте до своєї мети він ставиться дуже серйозно. Звик до сучасних технологій, тому шукає інструменти підготовки, які

дозволять адаптувати план під його вже високий рівень знань і під власний графік, щоб готуватися ефективніше, швидко повторити всю програму й не пропустити важливих тем. Сергій регулярно стикається з труднощами через неадаптивність дизайну для людей з порушеннями кольоросприйняття, яких не мають його однокласники. Досвід користування навчальними застосунками був негативним: інтерфейси або перевантажені деталями, або надмірно спрощені, унаслідок чого він відчував апатію до навчання та незібраність. З раннього віку Сергій виробив компенсаторну стратегію – розрізняє форми й текстури замість кольорів. Проте в цифрових навчальних середовищах ця стратегія не спрацьовує: там колір часто є єдиним носієм змісту, і він відчувається обмеженим, а процес навчання зі захопливого перетворюється на стресовий і відштовхувальний. Сергій має смартфон і ноутбук, вміє користуватися різними онлайн-інструментами для навчання, живе в міському середовищі й має доступ до швидкісного інтернету.

Потреба: інтерфейс з оптимальним контрастом і чіткістю ліній, у якому колірна інформація передається також через текстуру або форму. Це дозволило б йому зосереджуватися на самій математиці, забезпечуючи комфорт і продуктивність, а не витрачати зусилля на спроби інтерпретувати кольорові сигнали.

Портрет 2. Дмитро, 14 років, м. Кропивницький. Протаномалія (не діагностована). Учень восьмого класу. Математику вчить без ентузіазму, оцінки середні. Учителі вважають його неуважним: він часто плутається в завданнях, де треба зіставити кольорові позначення з умовою, і повільніше за однокласників виконує тести. Сам Дмитро не пов'язує це зі своїм зором – він упевнений, що просто гірше розуміє математику, і поступово втрачає віру у власні здібності. Дмитро не знає про своє порушення кольоросприйняття. Це не виняток, бо аномальні форми мають слабший ступінь вияву, тому людина може прожити з ними роки, не підозрюючи про них, а свої труднощі пояснювати браком здібностей. Саме тому в освітньому середовищі рекомендують запроваджувати скринінг, це дає учневі змогу зрозуміти

природу власних труднощів і виробити альтернативні стратегії [18]. Потреба: інтерфейс, який працює коректно за замовчуванням, без жодних налаштувань. Дмитро ніколи не увімкне «режим для дальтоніків», бо він не знає, що той йому потрібен.

Портрет 3. Аліна, 15 років, м. Полтава. Без порушень колірного зору. Учениця дев'ятого класу. Математика дається складніше за гуманітарні предмети; готується до НМТ, але часто відкладає заняття. Швидко втрачає інтерес, якщо не бачить власного прогресу, і потребує зовнішньої мотивації. Користується смартфоном як основним пристроєм, навчається короткими сесіями – у дорозі, між іншими справами, часто за нестабільного освітлення. Потреба: інтерфейс, у якому легко зорієнтуватися за кілька секунд, зрозуміло видно, що робити далі, і наочно показано просування.

Зіставлення потреб трьох портретів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Портрети користувачів застосунку «Math Assist»

Характеристика	Сергій, 17	Дмитро, 14	Аліна, 15
Особливості сприйняття	дейтеранопія, діагностована	протаномалія, не діагностована	без порушень
Обізнаність про свою особливість	усвідомлює, має компенсаторні стратегії	не усвідомлює, пояснює труднощі браком здібностей	не стосується
Рівень підготовки	високий, олімпіадний	середній, знижується	середній, нерівний
Мотивація	внутрішня, стійка	падає через відчуття невдачі	зовнішня, потребує підживлення
Умови використання	тривалі сесії вдома	заняття вдома та в школі	короткі сесії, у дорозі, змінне освітлення
Головна потреба	дублювання колірних сигналів іншими каналами	коректна робота інтерфейсу за замовчуванням	зрозумілість і відчутний прогрес
Ризик відмови від продукту	неможливо зчитати результат чи стан	накопичення невдач, втрата віри в себе	зникає інтерес без видимого просування

За результатами аналізу цільової аудиторії можна зробити висновок, зіставлення портретів дає три висновки, що визначають подальші проєктні рішення.

По-перше, потреби користувачів з порушеннями кольоросприйняття та без них не суперечать одна одній, а посилюються. Рішення, які роблять інтерфейс доступним для Сергія – дублювання каналів, підвищений контраст, однозначні стани елементів, одночасно роблять його зрозумілішим для Аліни: вона швидше орієнтується й менше помиляється. Це узгоджується з принципом універсального дизайну, за яким усунення бар'єрів для окремої групи підвищує зрозумілість продукту для всієї аудиторії [18].

По-друге, доступність не може бути винесена в налаштування. Портрет Дмитра показує, чому користувач, який не знає про своє порушення, ніколи не увімкне спеціальний режим. Якщо доступність є опцією, для нього вона не існує. Отже, інтерфейс має бути доступним за замовчуванням, без будь-яких дій з боку користувача.

По-третє, порушення кольоросприйняття різняться за типом і ступенем – від повної відсутності чутливості до окремої частини спектра до її ослаблення [20]. Тому проєктні рішення не можуть орієнтуватися на одну форму порушення: перевірка інтерфейсу виконується для протанопії, дейтеранопії та тританопії.

3.2 Сценарії використання та ключові завдання користувача

На основі портретів користувачів визначено ключові завдання, які користувач має виконати за допомогою інтерфейсу. Їх наведено в таблиці 3.2 у форматі user story.

Таблиця 3.2 – Ключові завдання користувача

№	Завдання	Екран	Критерій виконання
1	Як учень, я хочу швидко знайти потрібну тему, щоб не витратити час на пошук	Головний, панель фільтрів	Тему знайдено не більш ніж за три дії
2	Як учень, я хочу вивчити теоретичний матеріал теми, щоб зрозуміти принцип	Лекційний матеріал	Матеріал відкрито, доступні текст і відео

Продовження таблиці 3.2

№	Завдання	Екран	Критерій виконання
3	Як учень, я хочу перевірити себе тестом і однозначно зрозуміти результат кожної відповіді	Тест, завдання	вибір варіанту і правильність відповіді зчитується і без опори на колір
4	Як учень з порушенням кольоросприйняття, я хочу розрізняти стани елементів незалежно від кольору	Усі екрани	Кожен стан має щонайменше два візуальні маркери
5	Як учень, я хочу бачити свій прогрес і прогалини, щоб планувати підготовку	Статистика	Прогрес і прогалини зчитуються з діаграми без опори на колір
6	Як учень, я хочу отримати пояснення незрозумілого матеріалу	Чат з асистентом	Запит надіслано, отримано відповідь
7	Як учень, я хочу отримувати винагороду за просування, щоб зберігати мотивацію	Нагороди, кастомізація	Нагороду відкрито, персонажа змінено

Основні сценарії використання застосунку:

– сценарій 1. Вивчення нової теми. Користувач відкриває головний екран → обирає предмет (алгебра або геометрія) → за потреби звужує добірку фільтром → обирає тему → вивчає теоретичний матеріал → переходить до тестових завдань → отримує результат із поясненням → бачить оновлений прогрес;

– сценарій 2. Робота над прогалинами. Користувач відкриває екран статистики → переглядає діаграму прогалин → обирає тему з найнижчим показником → переходить безпосередньо до завдань цієї теми → повторює тест → перевіряє, чи змінився показник;

– сценарій 3. Звернення до асистента. Користувач під час розв’язання завдання не розуміє умову → відкриває чат з асистентом → формулює запитання → отримує пояснення → повертається до завдання;

– сценарій 4. Мотиваційний цикл. Користувач завершує тему → отримує нагороду або звання → відкриває екран кастомізації → застосовує здобутий елемент до персонажа-асистента → повертається до навчання.

Ключовими для цієї роботи є завдання 3 і 4, зазначені в табл.3.2: саме вони перевіряються під час тестування і саме на них спрямовані проєктні рішення дизайн-системи.

3.3 Авторська концепція: система мотивації та персонаж-асистент

Ідея застосунку полягає в забезпеченні учневі з дальтонізмом рівноцінного, комфортного доступу до якісної навчальної платформи. Унікальність продукту впливає з його здатності враховувати специфічні потреби користувачів з порушеннями кольоросприйняття, які традиційні навчальні застосунки ігнорують. Концепція будується на трьох засадах.

Перша – доступність як принцип побудови, а не як налаштування. Інтерфейс проєктується так, щоб не покладатися на розрізнення кольорів: зміст, який зазвичай передається кольором, дублюється формою, іконкою, патерном або текстовою позначкою. Доступність не виноситься в окремий режим, який треба увімкнути, бо є властивістю інтерфейсу за замовчуванням.

Друга – система мотивації через кастомізацію. За виконані завдання користувач здобуває нагороди та звання, відкриває досягнення, а разом із ними елементи вбрання, аксесуари та деталі зовнішності персонажа-асистента, які може застосувати до нього. Вибір саме такої механіки обґрунтований тим, що колір і візуальні винагороди в ігрових продуктах здатні підвищувати зацікавленість, знижувати рівень стресу та посилювати концентрацію користувача [1]. Для навчального продукту, яким користуються в умовах підготовки до іспиту, зниження стресу є критичним чинником.

Третя – персонаж-асистент як засіб зниження тривожності. Асистент на основі штучного інтелекту супроводжує користувача, пояснює матеріал у чаті та реагує на його дії. Він знижує відчуття ізольованості під час самотійного навчання, що є суттєвим саме для користувачів, які свідомо уникають взаємодії з репетитором.

Оскільки продуктом користуються підлітки, інтерфейс не має бути перевантажений зайвими деталями. Візуальна мова застосунку: сучасна, стримана, з чіткою ієрархією.

Емоційна складова інтерфейсу розглядається як функціональна: колірні та композиційні рішення впливають на утримання користувача й на його готовність повертатися до продукту [10].

3.4 Технічні, функціональні та нефункціональні вимоги

Технічні вимоги:

- платформа – мобільні пристрої;
- базовий формат екрана – 390 × 844 px, що відповідає поширеним моделям смартфонів на базі iOS;
- підтримка вертикального та горизонтального положень екрана;
- технологія поширення – мережева, через магазини застосунків;
- мова інтерфейсу – українська;
- середовище проєктування – Figma; результат – інтерактивний прототип.

Функціональні вимоги наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Функціональні вимоги до застосунку

Група	Вимога
Навчальний контент	Поділ на предметні напрями (алгебра, геометрія) з поділом на теми; подання теорії у вигляді тексту та відео
Перевірка знань	Тестові завдання з перевіркою відповідей і поясненням розв’язку
Пошук і фільтрація	Пошук за матеріалами; фільтр за предметом, складністю, статусом теми та форматом матеріалу
Прогрес	Відстеження прогресу за темами; візуалізація прогалін; статистика
Мотивація	Нагороди, звання, досягнення; кастомізація персонажа-асистента
Асистент	Чат із персонажем-асистентом на основі штучного інтелекту
Профіль	Налаштування профілю користувача; панель сповіщень, збережені

Нефункціональні вимоги визначають якість інтерфейсу і саме вони підлягають перевірці під час тестування:

- доступність: жоден функціонально значущий стан інтерфейсу не кодується лише кольором; кожен стан має щонайменше два незалежні візуальні маркери (критерій 1.4.1) [24];

- контраст: коефіцієнт контрасту тексту до фону – не менше 4,5 : 1 для звичайного тексту й 3 : 1 для великого; для меж елементів керування – не менше 3 : 1 (критерії 1.4.3 і 1.4.11, рівень AA) [24];

- зчитуваність з першого погляду: ключові елементи екрана мають розпізнаватися за короткий час контакту;

- однозначність станів: активний і неактивний стани елемента розрізняються не менш ніж двома ознаками;

- консистентність: єдина модульна сітка та єдина бібліотека компонентів на всіх екранах;

- читабельність: кегль і міжрядковий інтервал відповідають віковій категорії та умовам використання (малий екран, змінне освітлення).

Остання вимога має обґрунтування: рівень складності сприйняття кольорово-кодованого навчального матеріалу залежить не лише від типу порушення, а й від освітлення, за якого користувач працює [21]. Оскільки цільова аудиторія навчається в дорозі та за нестабільного освітлення, запас контрасту закладається понад мінімальні норми.

4 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ АРХІТЕКТУРИ ТА НАВІГАЦІЇ

4.1 Інформаційна структура застосунку

Інформаційна архітектура – це поєднання систем організації, предметизації, навігації та пошуку, реалізованих в інформаційній системі [11]. Саме вона визначає, наскільки швидко користувач знайде потрібне й наскільки передбачуваною буде для нього поведінка продукту. Інформаційна структура застосунку «Math Assist» побудована навколо двох предметних напрямів – алгебри та геометрії. Кожен напрям поділяється на теми; тема є базовою одиницею контенту й містить теоретичний матеріал (текст і відео) та набір тестових завдань для закріплення. Така ієрархія відповідає логіці шкільної програми й тому не потребує від користувача засвоєння нових понять. Структурну схему застосунку наведено на рис. 4.1.

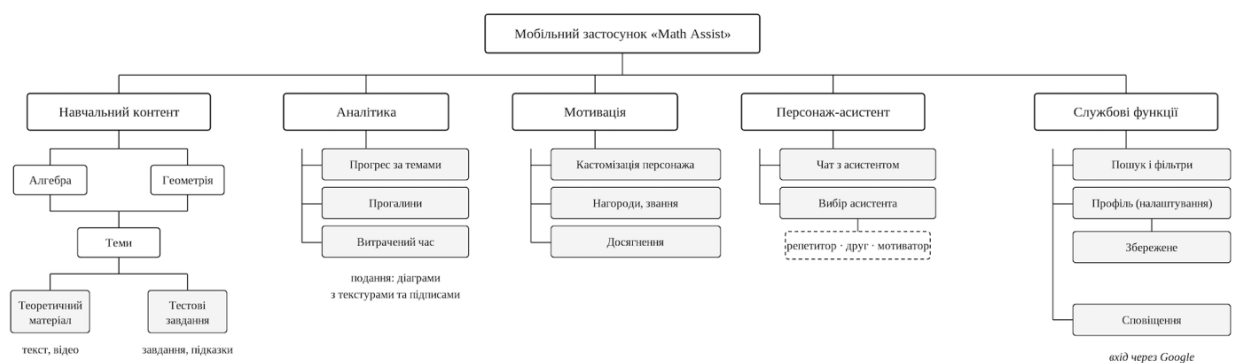


Рисунок 4.1 – Структурна схема застосунку «Math Assist»

Джерело: Власна розробка

Головна сторінка. Користувача зустрічає привітання із запитанням, що саме він робитиме сьогодні. Далі він орієнтується на потрібний предмет через дві панелі – «алгебра» та «геометрія», і обирає модуль-картку. Наявні поле пошуку та панель фільтрів для звуження добірки, перегляд повідомлень і швидкий доступ до асистента через голосове введення.

Перехід до модуля виконується кнопкою на картці модуля «Почати».

Вивчення лекційного матеріалу. Екран надає доступ до перегляду відео та читання теоретичного матеріалу.

Виконання тесту та завдань. Екран містить інструкції-схеми послідовності розв'язання, таймер часу проходження, тестові завдання з відкритою відповіддю або з варіантами відповідей, систему підказок. Іконка асистента у верхньому правому куті супроводжує користувача спливаючими повідомленнями, радить і допомагає.

У чаті користувач може вільно, зі всіма можливостями спілкуватись з одним із трьох асистентів, чи то з асистентом-репетитор, -друг, -мотиватор-підримка. Чи то через голосовий ввід, або текстове повідомлення, з додатковим функціоналом, як-от використання смайлів, додавання фото/файлу або сфотографувати в реальному часі, яке знаходиться на нижній панелі сторінки. Вибір асистента одразу можна зробити на верхній панелі по центру, після цього з'явиться чат знизу з обраним. Трикрапка на тій же панелі з обраним помічником показує можливості або потрібну користувачеві направленість або тему для спілкування з ним.

Статистика і прогрес. У верхній частині екрана розміщено дві кругові діаграми: праворуч – відсоток пройдених тем, ліворуч – відсоток прогалин із зазначенням, які саме теми потребують доопрацювання. Принципово важливо, що сенс кожного сегмента позначено не лише кольором, а й текстурою, а нижче від діаграм наведено індикатори з текстовими підписами. Лінійний графік відображає час, витрачений на кожну тему; картки показують, скільки часу та етапів залишилося до завершення модуля.

Кастомізація асистентів і швидкий перегляд нагород. Екран дозволяє обрати одного з трьох асистентів (репетитор, друг, мотиватор-підтримка) із карток, які можна скролити горизонтально. Унизу розміщено швидкий перегляд нагород, але для більш розгорнутої інформації використовується кнопка зі стрілкою.

Кастомізація персонажа. Після вибору асистента користувач потрапляє на екран безпосереднього налаштування образу. Бокова панель ліворуч містить категорії змін – капелюх, колір волосся, очі, аксесуари. Після вибору категорії знизу з'являється панель з елементами, які можна приміряти на персонажа.

Нагороди. Екран показує здобуті нагороди за досягнуті цілі та відкриті разом із ними елементи костюма. Інформація подається списком.

Налаштування профілю. Вхід через гугл систему, згодом є можливість обрати клас, ціль навчання, рівень підготовки; перегляд повідомлень; нотатки праворуч зі збереженими завданнями.

На всіх екранах у верхньому лівому куті розміщено кнопку зі стрілкою для повернення на головний екран. Це забезпечує передбачуваний вихід із будь-якої гілки інтерфейсу й унеможлиблює ситуацію, коли користувач не знає, як повернутися назад.

Принципово важливим рішенням інформаційної структури є подання аналітичних даних без опори на колір: сенс кожного сегмента кругових діаграм позначається текстурою, а нижче від діаграм розміщуються індикатори з текстовими підписами. На круговій діграмі використовується комбінація кольорів, які зчитує навіть користувач з дальтонізмом, результат додатково позначається цифрою з відсотком. Таким чином, зміст діаграм зчитується навіть за умови, коли колірні відмінності для користувача недоступні.

4.2 Побудова дерева навігації

Навігаційна система застосунку побудована на двох постійних панелях, а саме на верхній та нижній, і на боковій панелі додаткових можливостей.

Нижня панель забезпечує перехід між основними розділами застосунку. Її розташування в нижній частині екрана відповідає рекомендаціям Human

Interface Guidelines: ця зона є найдоступнішою для великого пальця під час утримання пристрою однією рукою [13].

Верхня панель містить доступ до профілю через гамбургер зліва, іконку сповіщень і фото профілю. Бокова панель додаткових можливостей – стан інтерфейсу, що відкривається з головного екрана кнопкою «≡», містить авторизацію через обліковий запис Google та перехід до налаштувань профілю

На всіх екранах у верхньому лівому куті розміщено кнопку повернення на головний екран. Це забезпечує передбачуваний вихід із будь-якої гілки інтерфейсу й унеможлиблює ситуацію, коли користувач не знає, як повернутися назад.

Дерево навігації застосунку побудовано на середньодеталізованих (mid-fi) макетах екранів, що дає змогу одночасно показати ієрархію екранів і зв'язки переходів між ними (рис. 4.2).

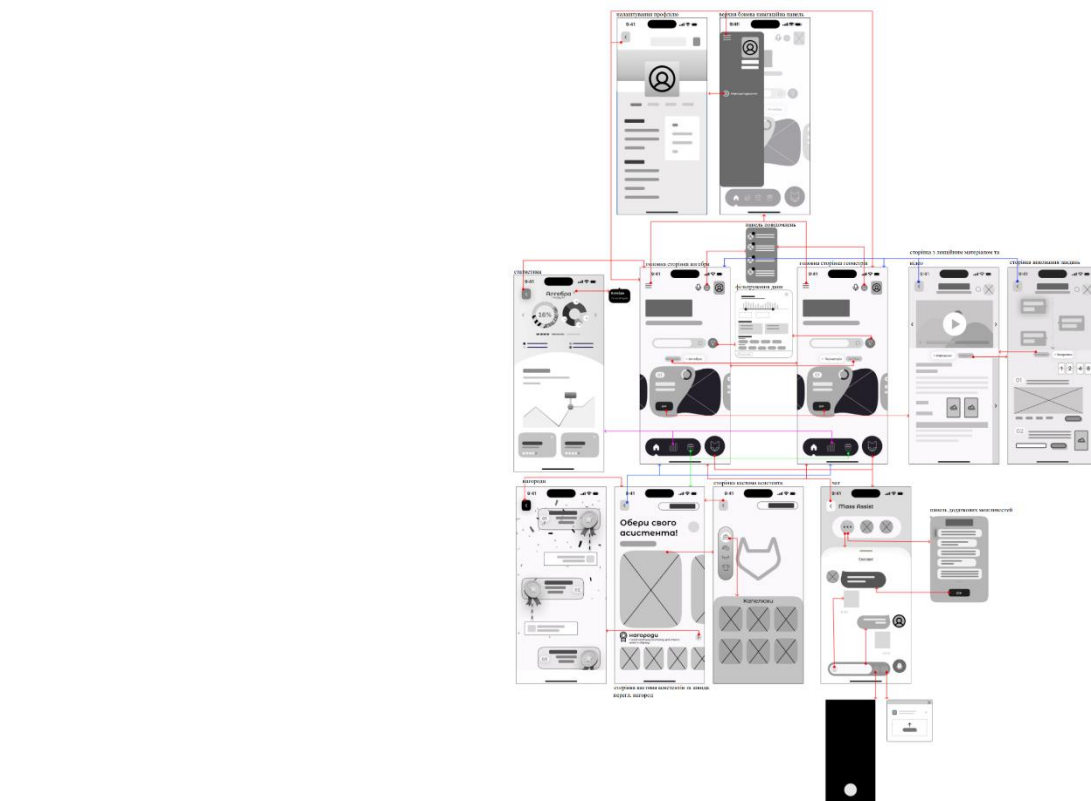


Рисунок 4.2 – Дерево навігації мобільного застосунку
«Math Assist» на mid-fi макетах (user flow)

Джерело: Власна розробка

Сценарії використання, визначені в підрозділі 3.2, у навігаційній структурі реалізуються як маршрути між екранами. Оскільки навігація застосунку є ієрархічною, довжину маршруту доцільно вимірювати кількістю переходів між екранами, а не кількістю окремих дій усередині екрана. Довжину маршрутів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Довжина навігаційних маршрутів

Завдання користувача (за табл. 3.2)	Маршрут (послідовність екранів)	К-ть екранних переходів
Звузити добірку тем за критеріями	Головна → Панель фільтрів(накладка) → Тема	2
Перевірити себе тестом	Головна→Лекційний матеріал →тест	2
Переглянути прогрес і прогалини	Головна → Статистика і прогрес	1
Звернутися до асистента	Головна → Чат з асистентом	1
Прейти до збережених	Головна →Профіль(налаштування) через бургер кнопку →Збережене	3
Змінити налаштування профілю	Головна → бургер кнопка(накладка) → Профіль (налаштування)	2

Жоден маршрут не перевищує трьох дій. Це підтверджує, що навігаційна структура покриває всі завдання користувача без надлишкової глибини вкладеності.

4.3 Модульна сітка та правила побудови екранів у вертикальному й горизонтальному положеннях

Модульна сітка визначає структуру, ієрархію та ритм інтерфейсу. Правильно побудована сітка зменшує кількість рішень, які доводиться приймати на кожному екрані, і забезпечує узгоджений підхід до масштабів шрифтів, позиціонування, розмірів та інтервалів.

Формат екрану 390 × 844 px обрано свідомо. Він більш видовжений у висоту та вузький у ширину, ніж стандартні формати, і це зручно для користування однією рукою й забезпечує кращий доступ до верхньої та

нижньої частин екрана, де розміщено навігацію. Великий вертикальний простір дозволяє ефективно розташувати компоненти. Оскільки в застосунку використовується вертикальне прокручування, потреби переходити до ширшого за роздільною здатністю формату (наприклад, 480×800 px) немає. Дизайн, який добре працює на вузькому екрані (375 пікселів), майже напевно буде добре працювати і на трохи ширшому екрані (414 пікселів) – але зворотне невірно. Тому тут справа торкається адаптивності, завжди краще спочатку розробляти дизайн для вузьких екранів, а потім перевірити і відкоригувати його для більших екранів. Оскільки висота є меншим обмеженням.

Для застосунку розроблено дві модульні сітки. Параметри вертикальної сітки (7 колонок, 11 рядків):

- відступи від бокових меж екрана – 28 px;
- відстань між колонками – 15 px;
- відступи від верхньої та нижньої частин екрана – 59 px;
- відстань між рядками – 24 px;
- для нижньої панелі навігації відступ становить щонайменше 34 px від домашнього індикатора, відповідно до формату 390×844 px.

Параметри горизонтальної сітки (13 колонок, 8 рядків):

- відступи від бокових меж – 59 px, оскільки відповідне місце займає бокова панель;
- відстань між колонками – 24 px;
- відступи від верхньої та нижньої частин – 16 px;
- відстань між рядками – 15 px.

Модульна сітка складається з непарних колонок та рядків, що є нестандартним, і це є перевагою, бо вони можуть бути корисними для створення більш динамічних, цікавих збалансованих макетів. Як результат, такий вибір дозволив легко виділити центральний елемент, розміщуючи його в середині сітки, де наявна середня колонка, що і було використано під час розташування картки-модуля на обох орієнтаціях по центру, яка дала вигляд «активного стану» під час її перегляду.

Модульні сітки для вертикальної орієнтації наведено на рис. 4.3-4.4.



Рисунок 4.3 – Модульна сітка з позначенням відстаней та відступів.

Вертикальна орієнтація

Джерело: Власна розробка

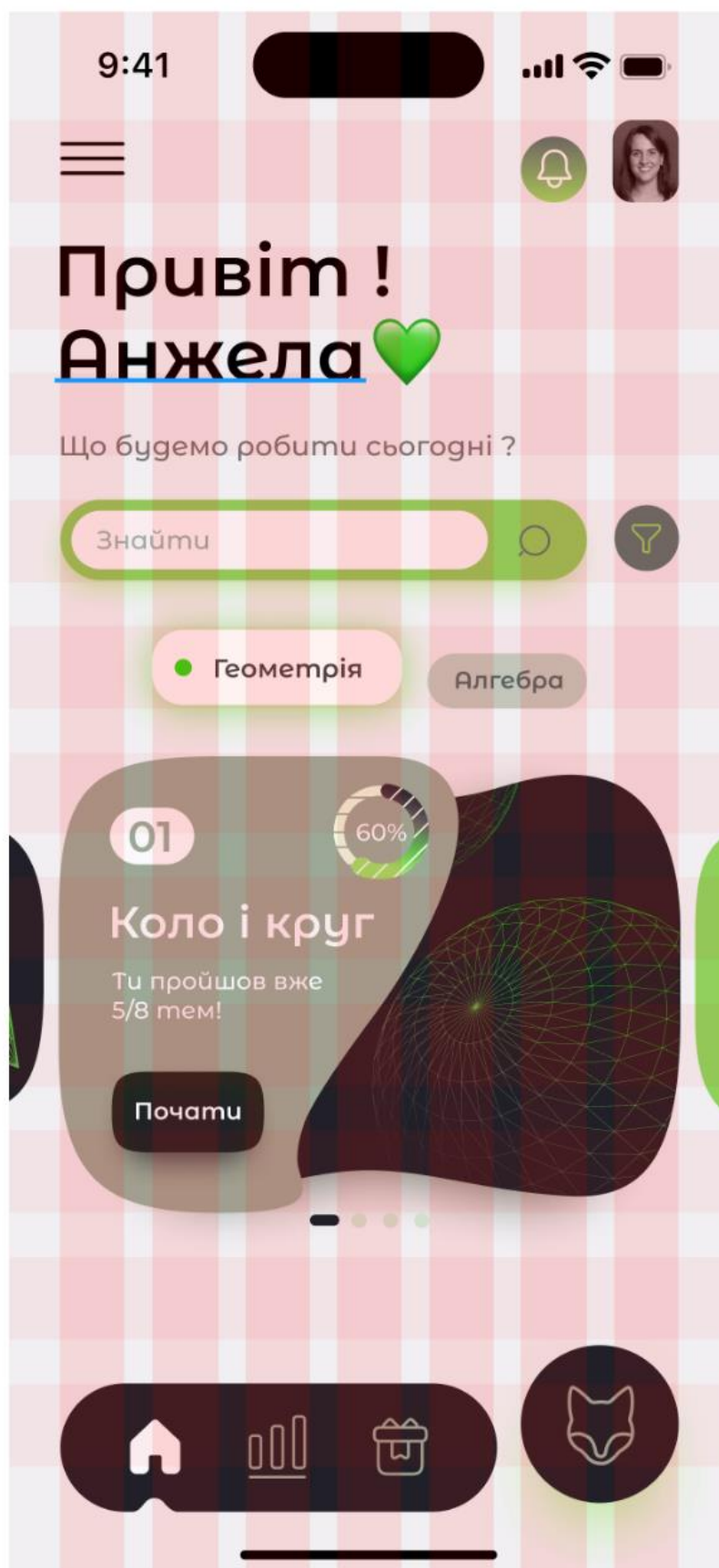


Рисунок 4.4 – Модульна сітка поверх контенту. Вертикальна орієнтація

Джерело: Власна розробка

4.4 Адаптивність інтерфейсу: макети для вертикального та горизонтального положень екрана

Якщо підрозділ 4.3 визначає параметри сіток, то адаптивність описує, що саме відбувається з елементами інтерфейсу під час повороту пристрою.

Горизонтальне положення екрана має принципово іншу геометрію, воно значно ширше й водночас нижче, що створює відчуття «вузького» простору по вертикалі. Тому просте масштабування вертикальної розкладки не працює і елементи потребують видовження й точнішого розподілу саме по ширині. Саме з цієї причини горизонтальна сітка має більше колонок (13 замість 7) і більшу відстань між ними (24 px замість 15 px).

Правила перебудови розкладки:

- елементи, що у вертикальному положенні розташовані один під одним, у горизонтальному переходять у розташування в ряд, використовуючи додаткові колонки;
- модуль-картка в обох орієнтаціях зберігає центральне положення, оскільки обидві сітки мають непарну кількість колонок і, відповідно, центральну колонку;
- нижня панель навігації зберігає своє положення та мінімальний відступ від домашнього індикатора;
- бокова панель займає ліву частину екрана, через що бокові відступи в горизонтальному положенні збільшено до 59 px;
- вертикальні відступи скорочуються з 59 px до 16 px, оскільки висота екрана в горизонтальному положенні обмежена.

Оскільки адаптація виконується лише за положенням екрана, а не за його розміром, макети для обох орієнтацій розробляються окремо, а не генеруються автоматично. Адаптація під інші розмірні класи пристроїв до завдань роботи не входить (див. підрозділ 1.4).

Модульні сітки для горизонтальної орієнтації наведено на рис. 4.5-4.6.

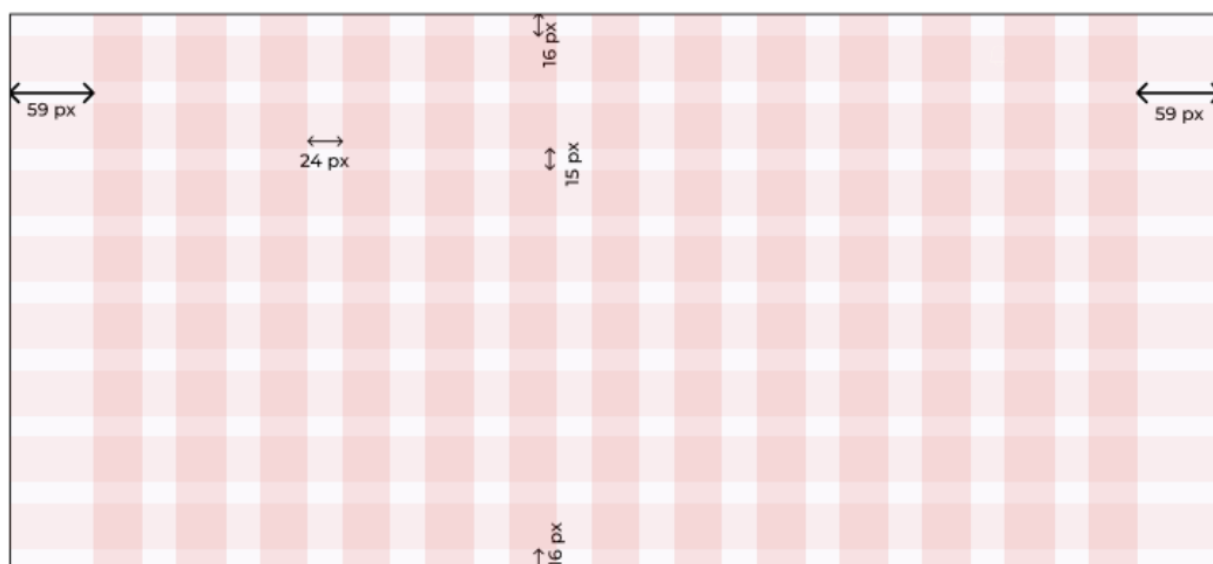


Рисунок 4.5 – Модульна сітка з позначенням відстаней та відступів.

Горизонтальна орієнтація

Джерело: Власна розробка

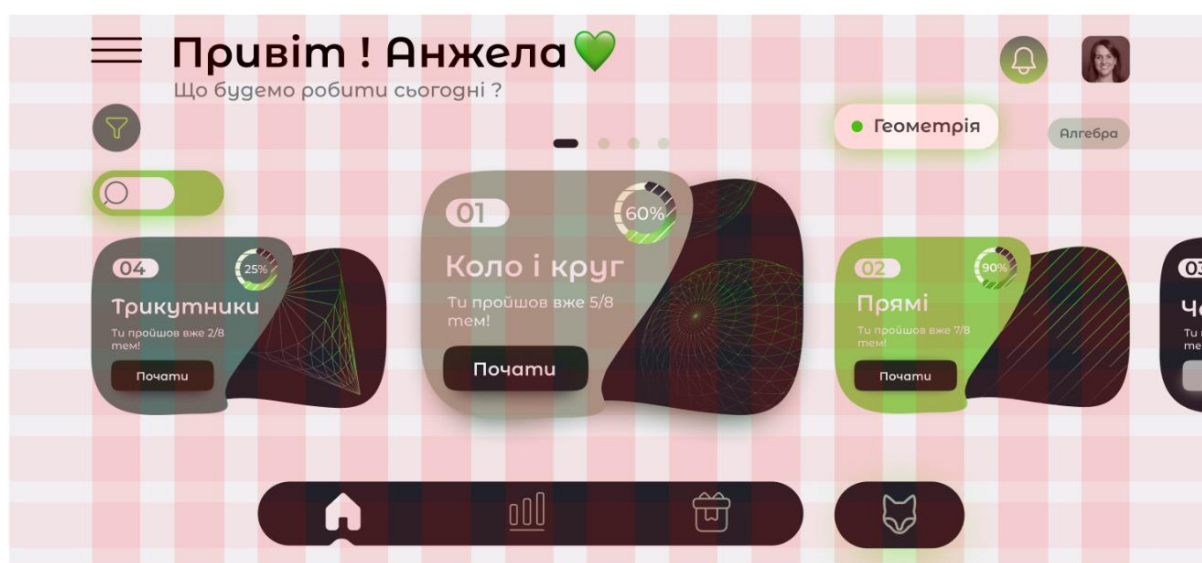


Рисунок 4.6 – Модульна сітка поверх контенту. Горизонтальна орієнтація

Джерело: Власна розробка

Отже, навігаційна система додатку «Math Assist» розроблена таким чином, що робить його структуру інтуїтивною, забезпечує легке орієнтування, взаємодію та доступність навчального контенту. Модульні сітки розроблені для вертикального та горизонтального положень і складаються з 7 колонок 11

рядків та 8 рядків 13 колонок, а завдяки достатнім відступам від бокових, верхніх, нижніх рамок і відстаням між колонками, рядками є достатньо місця для розташування елементів за для уникнення накладення їх один на одного і візуально більше вільного та динамічного простору, що не перевантажує інтерфейс.

4.5 Ескізні рішення. Пошук візуального стилю

На етапі пошуку концепції розроблено п'ять ескізних рішень головного та комбінованого екранів, які відрізнялися стилістикою, композицією, кольоровою гамою та підходом до подання навчального контенту (Додаток Б, рис. Б.1-Б.5). Кожен ескіз виконано у трьох варіантах відображення: за звичайного колірному зору, за протанопії та за дейтеранопії, що дозволило одразу оцінити поведінку кожної колірної гами в умовах порушень кольоросприйняття.

Для подальшого проєктування обрано ескіз № 2. Він є найсучаснішим із запропонованих і виконаний у стилі мінімалізму з елементами нейморфізму: характеризується м'якими тінями, напівпрозорими елементами інтерфейсу та округлими формами. Серед усіх варіантів він містить найкращу для обраної цільової аудиторії кольорову гаму та гарнітуру, що разом створює відчуття об'ємності, м'якості, свіжості та візуальної гармонії.

Додатковою перевагою обраного рішення є те, що його композиція будується на контрасті світлого фону й темної форми, а не на протиставленні кольорів. Мінімалістична побудова зменшує кількість конкурентних сигналів на екрані, а тіні та відмінності у виразності контурів дають додаткові візуальні канали, незалежні від кольору, що безпосередньо працює на принцип безбарвного кодування, покладений в основу проєкту.

5 РОЗРОБКА ДИЗАЙН-СИСТЕМИ ТА ІНТЕРАКТИВНОГО ПРОТОТИПУ

5.1 Кольорова система, безпечна для типів дальтонізму

Під час розробки дизайну для дітей з дальтонізмом особливо є важливим підбір відповідної комбінації кольорів та їх контрастність між собою, але одночасно, щоб це не відволікало від контенту і не заважало його зрозумілості, а користувач міг відрізнити відтінки кольору за для створення комфорту, а не нервового середовища, яке ніяк би не змогло стимулювати на працю [33 – 36].

Потрібно було орієнтуватися на список недоцільних поєднань кольорів, такі як:

- червоний і зелений: при протанопії (слабкість червоного кольору) та дейтеранопії (слабкість зеленого кольору), викликають труднощі у розрізненні між цими двома кольорами;
- синій і фіолетовий: при тританопії, але це дуже рідкісний тип дальтонізму;
- зелений і жовтий, особливо якщо одного тону;
- зелений і блакитний, особливо якщо близькі за насиченістю та яскравістю.

Використання відтінків одного кольору доцільно використовувати в тому випадку, коли тон, контрастність відрізняється та відповідає нормам. Враховуючи вищезазначене, було обрано чотири відтінків зеленого з голубим, жовтим та сірим підтоном, п'ятий – сіро-чорний з синім підтоном, який дозволяє створити потрібний контраст з текстом та елементами інтерфейсу, що полегшує читання та орієнтацію в застосунку, і для фону білий з фіолетово-сірим підтоном. Окремо визначено колір тла. Склад палітри наведено в таблиці 5.1 та представлено на рис. 5.1.

Таблиця 5.1 – Кольорова палітра застосунку «Math Assist»

Назва	HEX	RGB	Роль в інтерфейсі
Brand	#577872	87, 120, 114	Зелений із сірим підтоном; іконки службових елементів, обведення, поле введення чату
Green	#8ED15D	142, 209, 93	Зелений із жовтим підтоном; акцентні елементи на тлі Ink, індикатори прогресу
Bright	#2ADE08	42, 222, 8	Яскравий зелений; акцентні позначення на тлі Ink, текст, сигнальні елементи
Mint	#E5FEC8	229, 254, 200	Світлий зелений; заливка обраних карток, чіпів і бульбашок чату
Ink	#232029	35, 32, 41	Сіро-чорний із синім підтоном; текст, нижня панель навігації, фон лекційного екрана
Surface	#F1EEF3	241, 238, 243	Фон екранів

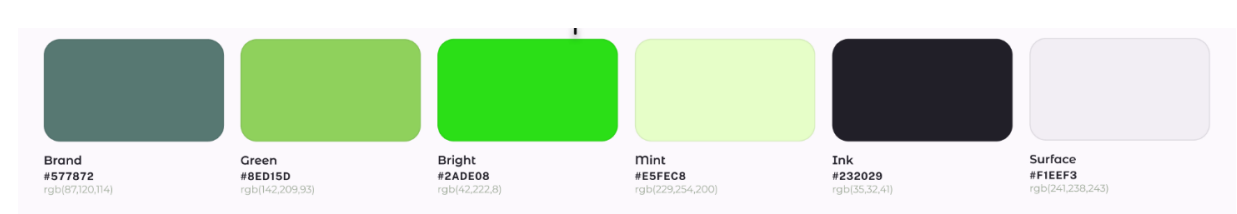


Рисунок 5.1 – Кольорова палітра застосунку «Math Assist»

Джерело: Власна розробка

Ця колірна схема відповідає оптимальному для дітей з дальтонізмом коефіцієнту контрастності як між компонентами UI ($k = 3:1$ – рекомендації та умови WCAG), так і між текстом та елементами ($k = 4,5:1$ – рекомендації та умови WCAG) [n]. Таким чином, створено мінімалістичну кольорову гаму, яка не викликає плутанини навіть для користувача без особливих потреб, не відволікає від навчального контенту, водночас стимулює зосередженість і підтримує комфорт користувачів [24]. Зелені кольори традиційно асоціюються зі спокоєм і концентрацією, що є ключовими аспектами для навчальних застосунків. Він не лише сприяє релаксації і зниженню стресу, але й може підвищити здатність до навчання та кращого запам'ятовування інформації. Однією з найважливіших причин вибору такої кольорової гами було те, що люди з дальтонізмом бачать саме таку палітру зелених як комбінація кольорів жовтого та сірого відтінків, які є контрастними та викликають відчуття

стабільності та збалансованості. Жовті відтінки асоціюються з оптимізмом, але одночасно сірі – вносять нейтральність та професіоналізм. Вони теж сприяють зосередженості, відповідно і продуктивності, та знижують візуальну втому, не відволікають від основного контенту, а тільки більш яскраво розкривають його з іншої сторони.

Симуляцію сприйняття палітри користувачами з протанопією, дейтеранопією та тританопією виконано за допомогою плагіна Figma Color Blind. На рис. 5.2 вид кольорів при протанопії, на рис.5.3 – при дейтеранопії, на рис. 5.4 – при тританопії.



Рисунок 5.2 – Симуляція сприйняття палітри користувачами з протанопією

Джерело: плагін Color Blind Figma

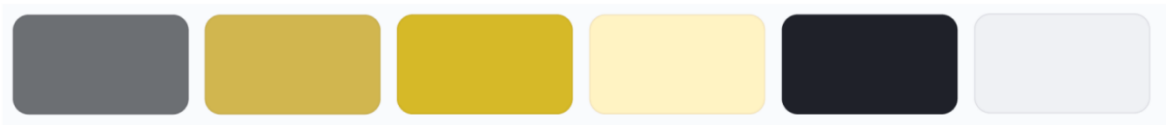


Рисунок 5.3 – Симуляція сприйняття палітри користувачами з дейтеранопією

Джерело: плагін Color Blind Figma

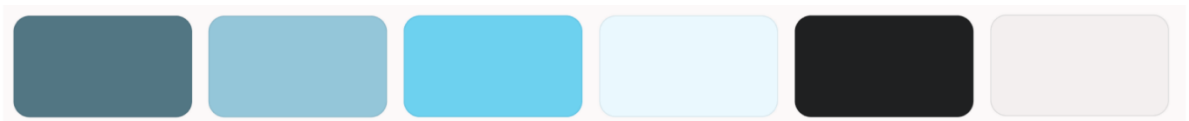


Рисунок 5.4 – Симуляція сприйняття палітри користувачами з тританопією

Джерело: плагін Color Blind Figma

Симуляція підтверджує вихідне припущення. За протанопії та дейтеранопії зелені відтінки палітри дійсно сприймаються як поєднання жовтих і сірих тонів, а сіро-чорний Ink і світле фон Surface практично не

змінюються. Завдяки цьому головна опозиція інтерфейсу, що темний текст на світлому фоні зберігається для всіх типів колірної сприйняття.

Водночас симуляція виявляє межу застосування палітри. Кольори Green і Bright мають майже однакову відносну яскравість: коефіцієнт контрастності між ними становить 1,01:1. Також Green і Mint, де коефіцієнт становить 1,69:1. Для користувача з дальтонізмом ці комбінації двох відтінків практично невідрізнявані. Тому в дизайн-систему закладено правило: Green і Bright не використовуються для розрізнення двох різних значень і ніколи не протиставляються один одному як носії різного змісту. Bright застосовується лише як другорядний акцент, Green – як колір активних елементів на тлі Ink. І якщо все ж таки застосовується поодинокі комбінація Green і Mint, то воно не повинно маркуватись тільки кольором, а й додатково неколірними ознаками – обведенням, іконкою або текстовим підписом.

Інструментальну перевірку фактичних колірних пар на готових макетах екранів, а також усунення виявлених невідповідностей наведено в підрозділах 6.4 і 6.6 відповідно.

5.2 Безбарвне кодування інформації: форма, іконка, патерн та візуальна ієрархія

Стандарт WCAG 2.2 у критерії 1.4.1 «Використання кольору» вимагає, щоб колір ніколи не був єдиним візуальним засобом передавання інформації, позначення дії чи розрізнення елементів [n]. Для інтерфейсу, розрахованого на користувачів із порушенням колірної сприйняття, ця вимога є не рекомендацією, а умовою працездатності: розглянуте в підрозділі 5.1 злиття Green і Bright означає, що будь-яке значення, закодоване лише різницею цих відтінків, для частини аудиторії просто зникає [24].

Так було використано контрастні візуальні засоби передачі інформації, щоб користувач з дальтонізмом у випадку не розрізнення відтінку міг

орієнтуватися за іншими ознаками. У застосунку використано чотири неколірні канали: форма елемента, іконка, текстура (патерн) і текстовий підпис.

Найважливішим випадком є подання аналітичних даних. Кругові діаграми на екрані статистики показують відсоток пройдених тем і відсоток прогалин; за умови кодування лише кольором такий екран був би непрочитним для цільового користувача. Тому сенс кожного сегмента позначено текстурою, а під діаграмами розміщено індикатори з текстовими підписами, які дублюють значення сегментів. У результаті діаграма зчитується у два незалежні способи – за візерунком і за підписом (рис. 5.5).

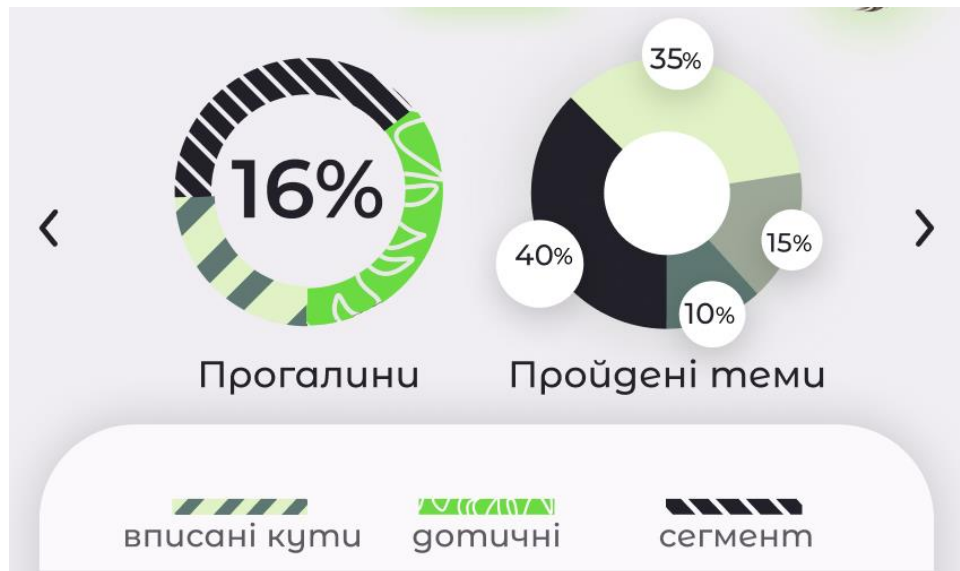


Рисунок 5.5 – Безбарвне кодування на екрані статистики

Джерело: Власна розробка

Так само побудовано стани керувальних елементів. Обраний чіп фільтра відрізняється від необраного не лише заливкою Mint, а й обведенням, напівжирним накресленням підпису та позначкою-галочкою. Обрана картка предмета отримує обведення та іконку-галочку. Обраний варіант відповіді в тесті позначено літерою та галочкою, а не лише кольором рамки. Активна вкладка нижньої панелі змінює форму іконки. Завдяки цьому стан «обрано» лишається зчитуваним навіть тоді, коли заливки Mint і Surface для користувача зливаються за коефіцієнтом контрастності.

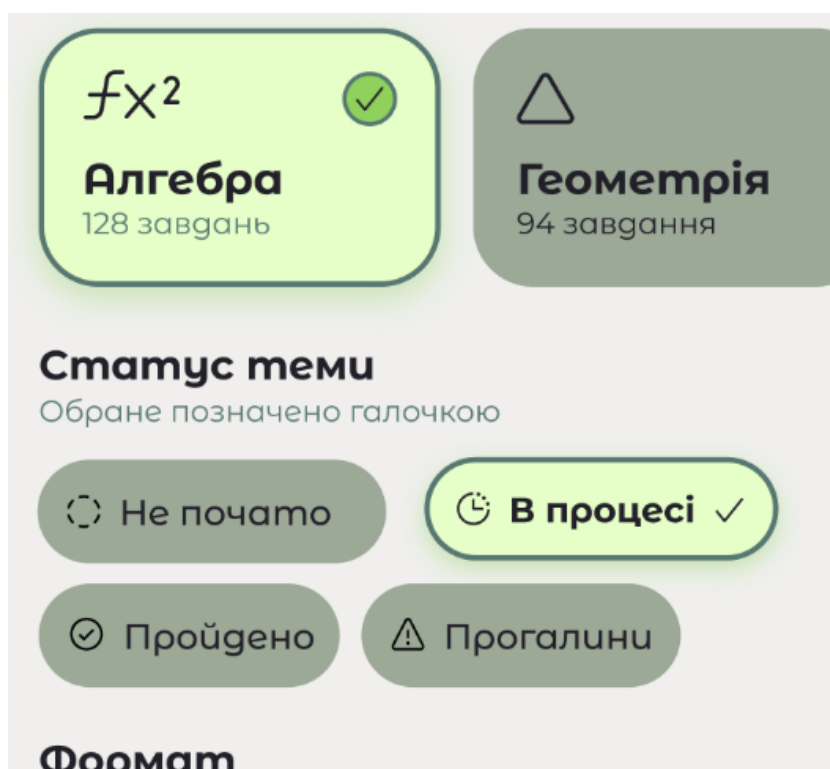


Рисунок 5.6 – Дублювання стану «обрано» неcolірними ознаками

Джерело: Власна розробка

Візуальна ієрархія будується тими самими засобами. Модульні сітки, гарнітура, прямокутники з заокругленням, кола, м'які форми та тіні відображають важливі елементи або їх активний статус. Оскільки палітра є монохромною за тоном, головним інструментом виділення стає не колір, а форма, розмір, тінь і відступ. Додатковим засобом виділення є центральне розташування картки-модуля в непарній модульній сітці, розглянуте в підрозділі 4.3: елемент, розміщений у середній колонці, зчитується як активний без будь-якої колірної ознаки.

5.3 Типографіка, кегль та читабельність для дітей 13-18 років

Під час вибору гарнітури не було особливих потреб для обраного споживача, але як факт, щоб текст був читабельним для користувачів мобільного застосунку, потрібно основний текст на вертикальній орієнтації робити мінімум 14 рх. Для дизайну додатку «Math Assist» підібран шрифт

Montserrat Alternates з різним накресленням, це гротеск або шрифт без зарубок, який часто використовуються в логотипах, навігації, інтерфейсах мобільних застосунків завдяки відсутності зарубок, складних декоративних елементів і простим лініям, які мають рівномірну їх товщину і співмірні пропорції, що відображає мінімалістичний стиль та сучасність.

Типографіка, що є системою оформлення шрифтових блоків та роботи над ними в застосунку, складається з гарнітури Montserrat Alternates, який є популярним у використанні проєктів, бо є дуже варіабельним завдяки різним накресленням та властивостям, які можна змінювати у ньому, такі як товщина ліній, стиль, висота та ширина літер, а також інтервал між буквами та рядками, з його допомогою легко було попрацювати над ієрархією тексту та створити візуально-привабливий контент. Важливо зазначити те, що використання тільки одного, даного шрифту у роботі, абсолютно доцільно та більш ніж достатньо, тому не було потреби у використанні декількох через різноманітне накреслення, як зазначено раніше, та завдяки використанню прозорості тексту у програмі для виділення більш важливої та менш важливої інформації. Це дозволяє йому добре виглядати навіть при швидкому огляді, що дуже важливо для стрімкого процесу навчання.

Шрифтові блоки заверстані так, що мають достатній простір між собою та не накладаються один на одного, що покращує читабельність та важливо для аудиторії споживачів 13-18 років. Розміри гарнітури наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Типографічна шкала застосунку

Рівень	Кегль, рх	Накреслення	Призначення
Заголовки	39	SemiBold	Назви екранів
Заголовки	24	Medium / SemiBold	Назви блоків і тем
Основний текст	14	SemiBold / Medium / Regular	Теорія, умови завдань
Основний текст	12; 10; 8	Medium	Підписи, пояснення, службові написи
Основний текст	14; 10	SemiBold Italic	Виділення в межах абзацу
Текст кнопок	8; 14	SemiBold	Підписи керувальних елементів

Іконки застосунку взято з готового набору у Figma, що забезпечує єдиний стиль ліній, однакову оптичну щільність і сталу товщину штриха. В умовах безбарвного кодування іконка перестає бути декоративним елементом і стає повноцінним носієм змісту: саме вона в багатьох випадках дублює колірну ознаку стану, тому єдність її стилю є вимогою, а не питанням оформлення.

5.4 Розробка бібліотеки компонентів інтерфейсу (UI-kit)

Бібліотека компонентів (UI-kit) забезпечує консистентність: однаковий за змістом елемент виглядає й поводить себе однаково на всіх екранах, і користувачеві не доводиться щоразу перевчатися. По-друге, для інтерфейсу, побудованого на принципі безбарвного кодування, UI-kit є місцем, де це кодування закріплюється системно: неколірна ознака стану задається один раз у компоненті, а не відтворюється вручну на кожному екрані, де компонент трапляється.

UI-kit застосунку «Math Assist» побудовано у Figma й організовано за тематичними секціями у Додатку Г.

5.5 Макетування ключових екранів застосунку

Макетування виконано в три етапи. На першому створено ескізні рішення, у яких визначався візуальний стиль майбутнього застосунку; обраний варіант поєднує мінімалізм із елементами нейморфізму. На другому етапі побудовано середньодеталізовані макети, розглянуті в підрозділі 4.5: на них зафіксовано структуру екранів, склад компонентів і зв'язки переходів, але без колірного та шрифтового оформлення. Третій етап – високодеталізовані макети, у яких до перевіреної структури застосовано дизайн-систему, описану в підрозділах 5.1-5.4.

Перехід від середньої деталізації до високої не змінював компоновання екранів. Це принципово, бо структура була перевірена окремо, тому на етапі візуального оформлення розв'язувалося лише одне завдання застосувати колір, типографіку, іконки й тіні так, щоб не зруйнувати вже знайдену ієрархію. Кожен екран будувався на модульній сітці, параметри якої наведено в підрозділі 4.3, а всі елементи брались із бібліотеки компонентів, а не малювалися заново.

Головний екран є точкою входу до всіх функцій застосунку. Угорі розміщено привітання й запитання про мету поточної сесії, нижче поле пошуку з кнопкою виклику панелі фільтрів, далі сегментний перемикач предметних напрямів «Алгебра/Геометрія» і горизонтальна добірка модулів-карток. Картка модуля містить номер теми, назву, індикатор прогресу й кнопку «Почати». Центральна картка розміщена в середній колонці непарної сітки, завдяки чому зчитується як активна без додаткових колірних ознак. Унизу панель навігації, праворуч від неї кнопка переходу до чату асистента.

Екран вивчення лекційного матеріалу побудовано на темному тлі Ink. Це рішення має практичне обґрунтування: саме на темному тлі акцентний зелений досягає контрасту 8,82:1, тому математичні позначення виділяються кольором без порушення норм доступності. Угорі розміщено відеоматеріал, нижче теоретичний блок із перемикачем «Матеріал/Завдання», за яким користувач переходить від теорії до практики, не залишаючи теми.

Екран виконання тесту містить інструкцію-схему послідовності розв'язання, таймер, умову задачі з рисунком і варіанти відповіді. Варіанти марковано літерами, а обраний варіант позначено галочкою колір заливки є додатковою, а не єдиною ознакою вибору. Іконка асистента у верхньому правому куті супроводжує користувача спливаючими підказками.

Екран статистики і прогресу є найважливішим з погляду доступності, оскільки саме він передає інформацію графічно. Кільцеві діаграми показують відсоток пройдених тем і відсоток прогалин, причому сегменти розрізняються

текстурою, а під діаграмами розміщено легенду з текстовими підписами тем. Нижче наведено картки з відсотком опанування кожного предмета.

Екран чату з асистентом містить панель вибору одного з трьох персонажів, стрічку повідомлень і поле введення з можливістю голосового набору. Бульбашки користувача й асистента розрізняються не лише кольором, а й вирівнюванням і формою хвостика.

Екран кастомізації персонажа відкривається з головного екрану нижньої панелі, іконка «подарунок», і дає змогу налаштувати його образ. Ліворуч знаходиться вертикальна панель з вибором капелюх, колір волосся, очі, аксесуари; після вибору категорії знизу з'являється панель з елементами, які можна приміряти на персонажа. Обраний елемент застосовується до фігури миттєво, тому користувач бачить результат до підтвердження вибору.

Екран профілю та налаштувань поєднує ідентифікацію користувача з керуванням навчальним процесом. Вхід виконується через обліковий запис Google, після чого користувач обирає клас, ціль навчання й рівень підготовки; кожен із цих параметрів реалізовано випадним списком. Праворуч розміщено блок нотаток зі збереженими завданнями, який розгортається окремим екраном, а нижче знаходиться стрічка повідомлень від асистента.

Всі розроблені макети ключових екранів мобільного застосунку «Math Assist» у вертикальній та горизонтальній орієнтаціях наведено в додатку Г.

5.6 Реалізація навігації, інтерактивних зв'язків та анімацій прототипу

Взаємодію в прототипі реалізовано трьома типами дій: переходами між екранами, відкриттям накладок і зміною станів інтерактивних компонентів. Переходи між екранами виконано ефектом розчинення (Dissolve) з функцією згладжування Ease Out і тривалістю 200 мс; повернення на попередній екран відбувається кнопкою у верхньому лівому куті з тією самою анімацією. Розчинення обрано як нейтральний перехід, що не привертає уваги до себе й не відволікає користувача від змісту екрана.

Допоміжні панелі реалізовано як накладки (Overlay), що з'являються поверх поточного екрана, не виводячи з нього користувача. Панель фільтрів відкривається дотиком по іконці фільтра на головному екрані й закривається кнопкою згортання або дотиком поза її межами; фон під нею затемнюється. Бокова панель відкривається кнопкою ≡, фон під нею розмивається, а закриття виконується дотиком у будь-якому місці екрана. За тим самим принципом працює накладка вибору режиму спілкування з асистентом, яка відкривається на екрані чату й закривається дотиком поза її межами.

Стани інтерактивних елементів анімовано двома способами залежно від дії користувача. Зміна стану при наведенні курсора реалізована засобом Smart Animate з тривалістю 200 мс: так поведуться перемикач предметних напрямів на головному екрані, кнопка «Завдання» на екрані лекційного матеріалу, аватар асистента на екрані вибору та варіанти відповіді на екрані тесту. Зміна стану при дотику виконана дією Change to без анімації (Instant): так перемикаються чипи предмета, статусу теми й формату на панелі фільтрів, а також кнопка вибору класу в профілі. Окремо анімовано двобічний повзунок складності: під час зміни діапазону стовпці гістограми й числові значення оновлюються засобом Smart Animate. Таким чином створено інтерактивний прототип екранів головних сценаріїв користувача на основі макетів у середовищі Figma на рис. 5.7. Він відтворює структуру навігації, описану в підрозділі 4.2, і дає змогу пройти всі маршрути, наведені в таблиці 4.2, безпосередньо на екрані пристрою.

Прототип відкривається за посиланням у режимі перегляду й не потребує встановлення програмного забезпечення чи створення облікового запису. Це суттєво для дистанційного тестування: учасник отримує посилання й проходить сценарії на власному пристрої. Зміна станів при наведенні курсора відтворюється під час перегляду з комп'ютера, а на пристроях із сенсорним екраном відповідний стан застосовується безпосередньо під час дотику.

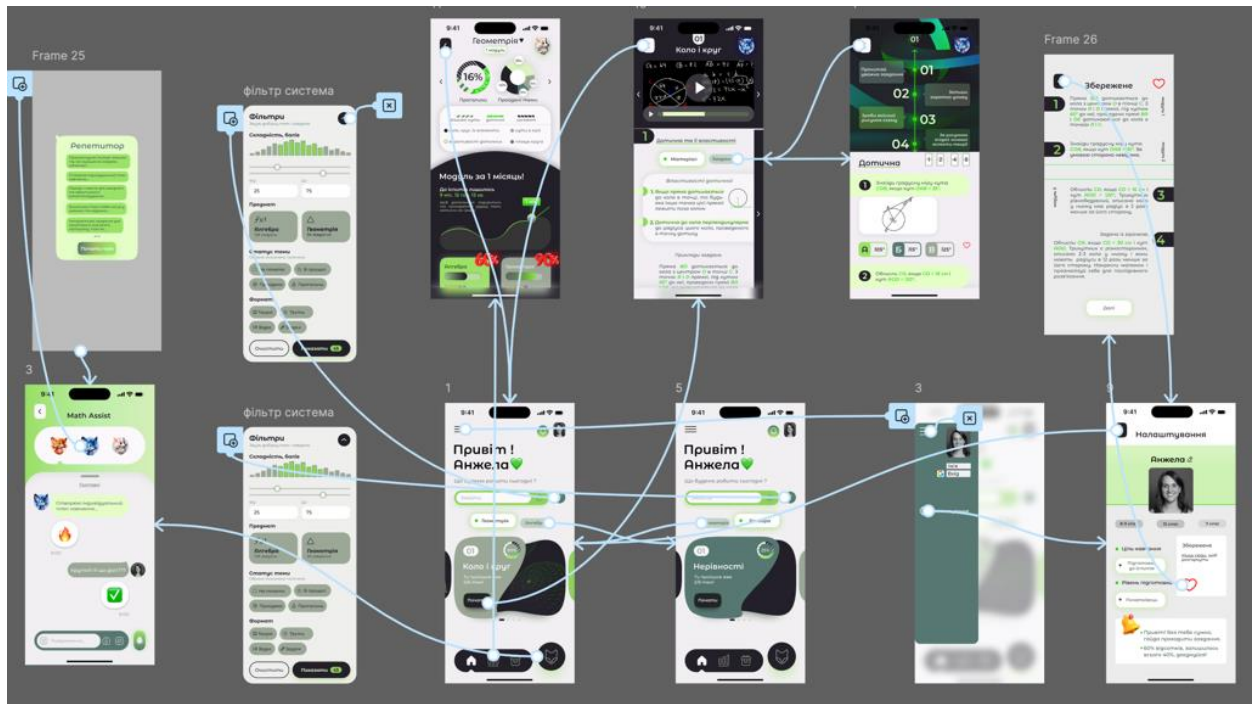


Рисунок 5.7 – Прототип інтерактивних зв'язків проєкту

Джерело: Власна розробка

Обмеження прототипу, пов'язані з відсутністю програмної реалізації окремих функцій, розглянуто в підрозділі про підготовку й проведення тестування.

6 ТЕСТУВАННЯ, АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ДООПРАЦЮВАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ

6.1 Організація онлайн-тестування: анкетування, учасники, умови, завдання, критерії оцінювання

Оскільки застосунок проєктувався насамперед для дітей з дальтонізмом, тестування мало підтвердити дві різні властивості, а саме загальну зручність користування та доступність візуальних сигналів за умови порушеного колірного сприйняття.

Основна методологічна складність полягала в тому, що безпосередній доступ до цільових користувачів дітей із вродженим дальтонізмом під час виконання роботи був відсутній. Для таких випадків застосовується методологія проксі-користувачів: тестування виконують учасники з типовим зором, яким показують екрани, пропущені через симулятор колірного сприйняття. Цей підхід дає змогу перевіряти доступність інтерфейсу навіть тоді, коли реальні кінцеві користувачі недоступні для тестування [23].

До тестування було залучено п'ять учасників. Такої кількості достатньо для виявлення переважної більшості проблем зручності використання.

Тестування проведено дистанційно. Інструментом збору даних слугувала онлайн-анкета Google Forms, а взаємодія з інтерфейсом відбувалася в інтерактивному прототипі Figma, доступ до якого учасники отримували за посиланням у режимі перегляду. Такий формат не потребував від учасників встановлення програмного забезпечення чи створення облікового запису.

Учасникам послідовно пропонувалися такі завдання:

- знайти будь-яку тему й відкрити до неї лекційний матеріал;
- перейти від матеріалу до тесту й обрати варіант відповіді;
- відкрити панель фільтрів і обрати предмет;
- знайти екран із прогресом і прогалинами;

– виконати завдання на розпізнавання станів на екранах, пропущених через симулятор дальтонізму.

Оцінювання виконувалося за такими критеріями: успішність виконання кожного завдання (виконано/виконано з труднощами/не виконано), суб'єктивна оцінка зручності за шкалою SUS, частка правильних відповідей у завданнях на доступність, а також якісні коментарі у відкритих запитаннях. Повний текст анкети наведено в додатку Б.

Окремо слід зазначити межу застосовності прототипу як об'єкта тестування. Інтерактивність прототипу відтворює стани елементів керування та переходи між екранами, а не обчислення в реальному часі. Зокрема, панель фільтрів демонструє вибір параметрів і зміну стану чипів, проте формування вибірки за обраними критеріями не виконується; поле пошуку реалізоване як елемент інтерфейсу без обробки запиту. Це є типовим обмеженням прототипування без програмної реалізації й не впливає на перевірку тих завдань, які ставилися в роботі: зчитуваності станів, доступності візуальних сигналів і логіки навігації. Учасників про це попереджали окремо, щоб імітований характер цих дій не сприймався як дефект.

6.2 Тестування зручності використання: тест п'яти секунд, шкала SUS

Зручність використання оцінювалася двома методами, що доповнюють один одного: тестом п'яти секунд і шкалою системної зручності SUS.

Тест п'яти секунд перевіряє перше враження від інтерфейсу. Учасникові показують екран протягом п'яти секунд, після чого зображення закривають і ставлять запитання про те, що він запам'ятав: що це за застосунок, яку дію можна виконати першою, які елементи привернули увагу. Метод показує, чи зчитується призначення й головна дія екрана миттєво, без тривалого вивчення. Для тестування використано головний екран застосунку.

Шкала SUS (System Usability Scale) – стандартизований опитувальник із десяти тверджень, які учасник оцінює за п'ятибальною шкалою згоди [n].

Твердження чергуються за полярністю: непарні сформульовані позитивно, парні негативно. Підсумковий бал обчислюється так: для непарних тверджень від оцінки віднімають одиницю, для парних оцінку віднімають від п'яти; отримані значення додають і множать на 2,5, унаслідок чого утворюється шкала від 0 до 100. Середнім орієнтиром прийнятності вважається значення близько 68 балів [16].

6.3 Тестування доступності інтерфейсу на симуляції дальтонізму

Тестування доступності побудовано на завданнях, які учасник виконує, дивлячись на екрани, пропущені через симулятор колірного сприйняття. Для цього ключові екрани застосунку оброблено плагіном симуляції дальтонізму в режимах протанопії та дейтеранопії й збережено як окремі зображення. Саме ці зображення показувалися учасникам.

Суть методу полягає в тому, що учасник із типовим зором на кілька хвилин опиняється в умовах, наближених до сприйняття користувача з дальтонізмом, і має виконати конкретні завдання: визначити, який варіант відповіді позначено як обраний; знайти сегмент діаграми, що відповідає прогалинам; визначити обрані чипи статусу теми. Якщо ці завдання виконуються правильно на симульованих екранах, це підтверджує, що зміст передається не лише кольором, а й неколірними ознаками – формою, іконкою, текстурою та підписом, як зазначено в підрозділі 5.2. Приклад екрана в оригіналі та в симуляції, наприклад, дейтеранопії позначено на рис. 6.1.

6.4 Інструментальна перевірка контрасту та колірних пар

Коефіцієнти контрастності колірної палітри обчислено на етапі проєктування дизайн-системи (у підрозділі 5.1). На етапі тестування виконано інструментальну перевірку фактичних колірних пар на готових макетах екранів за допомогою онлайн-інструмента WebAIM Contrast Checker; норми

контрасту визначено стандартом WCAG 2.2 [n]. Перевірку виконано не для всіх теоретично можливих пар, а лише для тих поєднань «елемент – фон», які реально трапляються в макетах екранів. Результати наведено в таблиці 6.1.

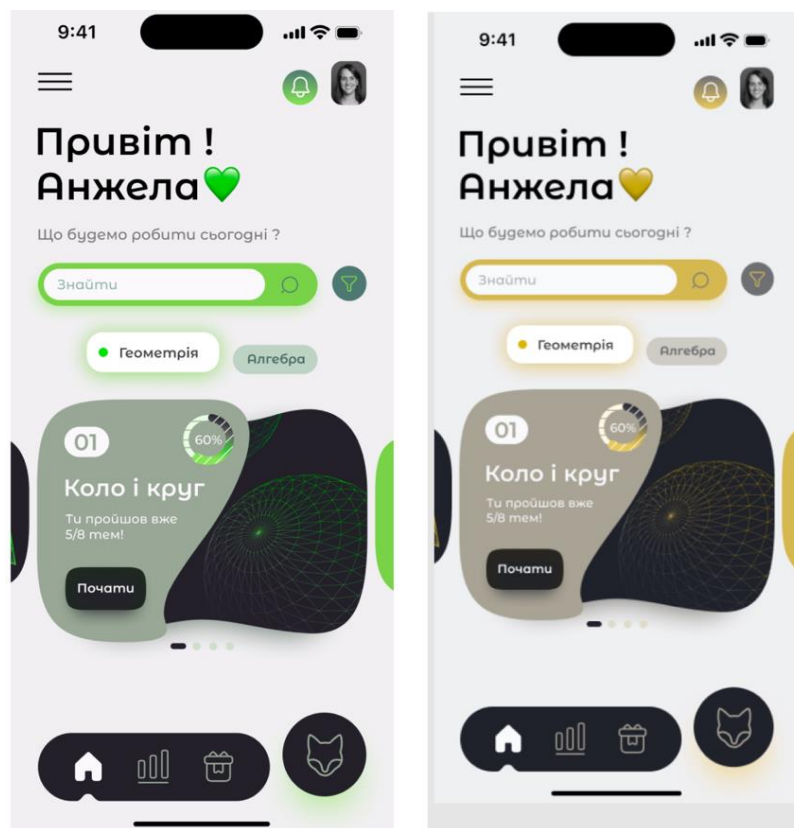


Рисунок 6.1 – Екран тесту в оригіналі та в симуляції дальтонізму

Джерело: Власна розробка

Перевірку виконано не для всіх теоретично можливих пар, а лише для тих поєднань «елемент-фон», які реально трапляються в макетах екранів. Результати наведено в таблиці 6.1.

Основний носій змісту текст кольору Ink, він має запас контрасту на всіх фонах застосунку: від 8,72:1 на акцентному зеленому до 14,76:1 на світлому. Це перевищує не лише мінімальний рівень AA (4,5:1), а й навіть підвищений рівень AAA (7:1). Отже, читабельність основного тексту та елементів між собою забезпечено незалежно від того, на якому елементі він розміщений. Нетекстовими елементами є іконки, обведення, індикатори, і вони також задовольняють норму $k=3:1$ між текстом та елементами.

Таблиця 6.1 – Коефіцієнти контрастності фактичних колірних пар.

Пара «елемент – фон» за макетами	Коефіцієнт	Норма	Відповідність
Ink на Surface (заголовки, основний текст)	13,94:1	4,5:1	Відповідає
Ink на Mint (текст у чаті, обрані чіпи)	14,76:1	4,5:1	Відповідає
Ink на Green (текст на акцентних елементах)	8,72:1	4,5:1	Відповідає
Bright на Ink (позначення на лекційному екрані)	8,82:1	4,5:1	Відповідає
Green на Ink (овальний елемент, прогрес)	8,72:1	3:1	Відповідає
Brand на Mint (іконки, обведення)	4,46:1	3:1	Відповідає
Bright на Surface (позначення на екрані «Збережене»)	1,58:1	4,5:1	Не відповідає
Bright на Mint (позначення в умовах задач)	1,67:1	4,5:1	Не відповідає

Разом з тим інструментальна перевірка виявила дві пари, що не задовольняють вимогу критерію 1.4.3. Математичні позначення в умовах задач набрано кольором Bright: на екрані «Збережене» вони розміщені на тлі Surface (1,58:1), а в блоках умов – на тлі Mint (1,67:1). За норми 4,5:1 фактичний контраст виявився приблизно втричі нижчим. Причина полягає в тому, що Bright має високу насиченість, але водночас високу відносну яскравість, тому на світлому тлі він втрачає контраст, хоча на темному тлі Ink дає 8,82:1 і повністю відповідає нормі.

6.5 Обробка та аналіз отриманих результатів

За результатами тестування опрацьовано відповіді п'яти учасників. За віком чотири учасники належать до групи до 18 років і один до групи 18-24 роки. За колірним сприйняттям склад вибірки такий: один учасник має підтверджене порушення колірного сприйняття, троє без порушень, один не проходив перевірки. Наявність у вибірці реального користувача з дальтонізмом є важливою, оскільки його відповіді доповнюють результати проксі-тестування безпосереднім досвідом. Аналіз виконано за чотирма напрямками: перше враження, успішність виконання завдань, оцінка зручності за шкалою SUS та доступність на симульованих екранах.

Тест п'яти секунд показав, що призначення застосунок зчитується з першого погляду: усі учасники визначили його як застосунок для вивчення математики, а частина уточнила аудиторію (учні, підлітки) і функції (відстеження прогресу, інтерактивність). Як першу дію учасники назвали вибір предмета або теми, що відповідає закладеній ієрархії головного екрана. Серед запам'ятаних елементів переважали картки тем, поле пошуку, фільтри й навігація, тобто саме ключові керувальні елементи, а не декоративні.

Успішність виконання завдань наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Успішність виконання завдань учасниками

Завдання	Виконано	З труднощами	Не виконано
Знайти тему й відкрити матеріал	5	0	0
Перейти до тесту й обрати відповідь	5	0	0
Відкрити фільтри й обрати предмет	5	0	0
Знайти прогрес і прогалини	4	1	0

Три з чотирьох завдань виконали всі учасники без труднощів. У четвертому завданні (знайти екран прогресу) один учасник виконав його не одразу, що вказує на незначну неочевидність шляху до аналітики, але не на його недоступність. Жодне завдання не лишилося невиконаним, тобто навігаційна структура покриває всі сценарії, закладені в роботі.

Результати опитування за шкалою SUS наведено в таблиці 6.3. Бал кожного учасника обчислено за формулою, наведеною в підрозділі 6.2.

Таблиця 6.3 – Індивідуальні та середній бали SUS

Показник	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 5
Підсумковий бал SUS	100	100	100	100	90

Середній бал SUS склав 98 зі 100, що суттєво перевищує середній орієнтир прийнятності (68 балів) і відповідає найвищому рівню оцінки зручності. Водночас з огляду на малий обсяг вибірки й знайомий склад учасників це значення слід сприймати як орієнтовне, а не як статистично точну

метрику; воно узгоджується з обмеженнями, викладеними в підрозділі 6.7. Частку правильних відповідей у завданнях на доступність (на симульованих екранах) наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Правильність розпізнавання станів на симульованих екранах

Завдання на симуляції	Правильних відповідей	Частка, %
Визначити обраний варіант відповіді	5 з 5	100
Визначити сегмент прогалин на діаграмі	5 з 5	100
Визначити обрані чипи статусу	5 з 5	100

Усі учасники правильно розпізнали стани елементів на екранах, пропущених через симулятор дальтонізму: визначили обраний варіант відповіді, сегмент діаграми з прогалинами та обраний чип статусу. При цьому в питанні про сегмент діаграми всі обрали варіант «можу визначити за текстурою й підписом», тобто спиралися саме на неколірні ознаки. Суб'єктивну легкість орієнтування в режимі симуляції учасники оцінили в середньому на 4,8 бала з 5. Це є прямим підтвердженням того, що принцип безбарвного кодування, закладений у підрозділі 5.2, працює: зміст інтерфейсу лишається зчитуваним за умови недоступності колірних відмінностей.

Особливо показовими виявилися відкриті відповіді. Поряд із позитивними оцінками дизайну (м'які форми елементів, увага до деталей, вигляд асистентів, продумана структура, поєднання кольорів) два учасники, зокрема той, хто має підтверджене порушення колірного сприйняття, незалежно один від одного вказали на ту саму проблему – недостатній контраст математичних позначень, набраних зеленим кольором, на світлому тлі лекційного екрана та на тлі бульбашок екрана тесту. Обидва рекомендували затемнити цей колір. Таким чином, зауваження реальних користувачів повністю збіглося з результатом інструментальної перевірки контрасту (підрозділ 6.4), яка виявила саме ці дві пари як невідповідні нормі. Збіг незалежних методів інструментального вимірювання та користувацького тестування підвищує достовірність висновку й однозначно визначає напрям доопрацювання.

6.6 Доопрацювання інтерфейсу: порівняння «було/стало»

До інтерфейсу внесено одне цільове виправлення, потребу в якому підтвердили одночасно два незалежні джерела: інструментальна перевірка контрасту (підрозділ 6.4) та відкриті зауваження учасників тестування, зокрема користувача з дальтонізмом (підрозділ 6.5). Обидва вказали на ту саму проблему – недостатній контраст зелених математичних позначень на світлому тлі.

Виявлений недолік усунуто так: для акцентних позначень на світлому тлі яскравий зелений Bright затемнено до відтінку India Green (#187406), який дає 5,16:1 на тлі Surface і 5,46:1 на тлі Mint, тобто задовольняє норму 4,5:1 із запасом.

Затемнений відтінок унесено до бібліотеки компонентів як окремий колір, призначений виключно для тексту на світлому тлі; на темному тлі Ink і надалі застосовується Bright. Порівняння значень до і після доопрацювання наведено в таблиці 6.5 та на рис. 6.2.

Таблиця 6.5 – Контраст позначень до і після доопрацювання

Пара	Було	Стало	Норма
Позначення на тлі Surface	Bright #2ADE08 – 1,58:1	India Green #187406 – 5,16:1	4,5:1
Позначення на тлі Mint	Bright #2ADE08 – 1,67:1	India Green #187406 – 5,46:1	4,5:1

Інших доопрацювань за результатами тестування не знадобилося: усі завдання виконано, жодне не лишилося невиконаним, а розпізнавання станів на симульованих екранах становило 100 %. Незначну неочевидність шляху до екрана прогресу, виявлену в одному випадку виконання завдання 4, віднесено до напрямів подальшого вдосконалення навігації, оскільки вона не перешкодила виконанню завдання.

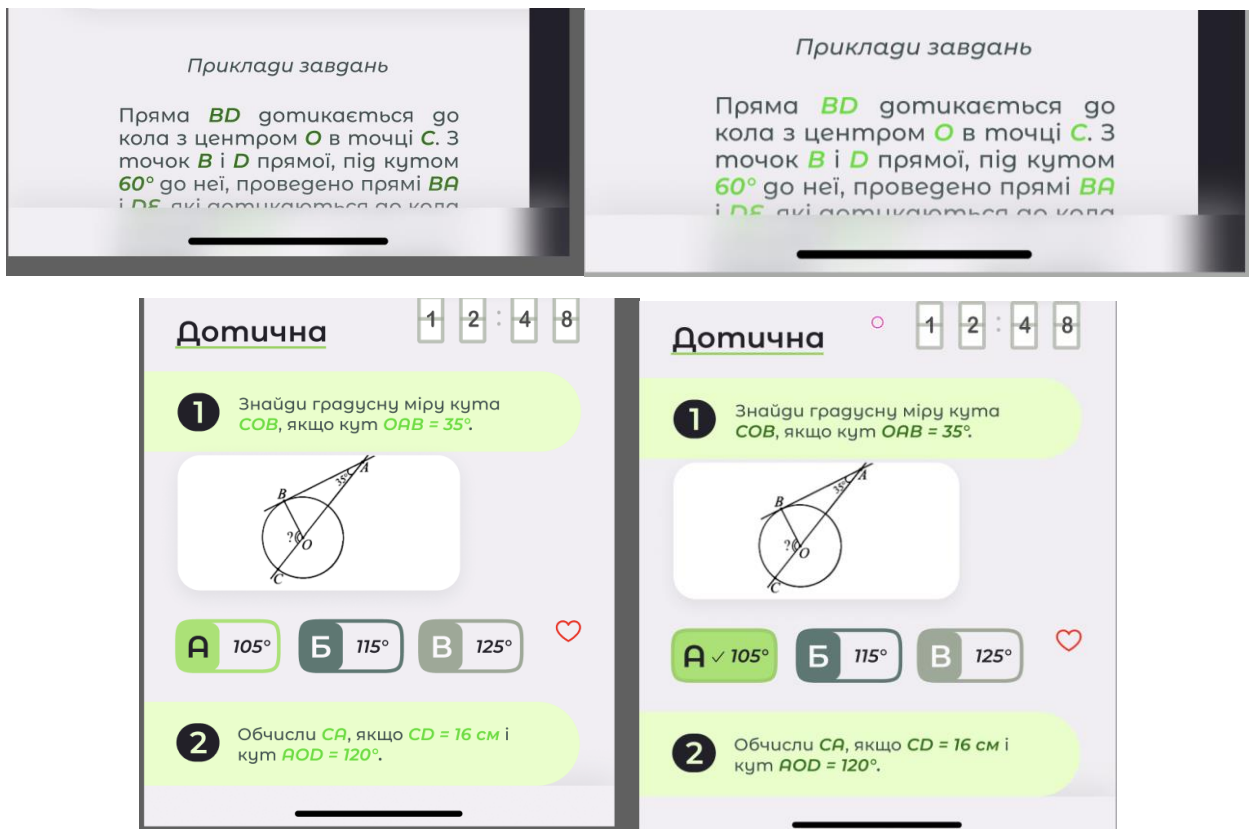


Рисунок 6.2 – Порівняння «було/стало»

Джерело: Власна розробка

6.7 Обмеження дослідження та рекомендації щодо подальшого розвитку

Отримані результати слід інтерпретувати з урахуванням кількох обмежень дослідження.

Перше й головне обмеження методологічне. Симуляція дальтонізму не тотожна реальному досвіду користувача з вродженим порушенням колірного сприйняття. Людина, яка має дальтонізм від народження, протягом життя виробила компенсаторні стратегії: вона орієнтується на яскравість, положення, форму й контекст і нерідко успішно розв'язує завдання там, де людина з типовим зором, побачивши симуляцію вперше, розгублюється. Тому результати тестування на проксі-користувачах радше завищують складність сприйняття, ніж занижують її. Це означає, що реальна доступність інтерфейсу для цільової аудиторії, найімовірніше, не нижча за виміряну, а сам метод дає обережну, а не оптимістичну оцінку.

Друге обмеження віковий склад вибірки. Цільовою аудиторією застосунку є учні 13-18 років, тоді як тестування виконували проксі-користувачі, вік яких переважно перевищує цей діапазон. Таким чином, симуляція закриває розрив за колірним сприйняттям, але не за віком: отримані результати відображають доступність і зручність інтерфейсу для дорослого користувача, який виконує завдання в умовах симуляції, а не безпосередній досвід підлітка з цільової аудиторії.

Третє обмеження стосується об'єкта тестування. Прототип відтворює стани елементів і переходи, але не виконує програмних обчислень: пошук і фільтрація не формують реальної вибірки. Тому висновки стосуються зручності навігації та доступності візуальних сигналів, а не продуктивності реального пошуку.

Четверте обмеження обсяг вибірки. П'ять учасників достатньо для виявлення якісних проблем зручності, але недостатньо для статистично значущих кількісних висновків; отримані числові показники слід розглядати як орієнтовні, а не як точні метрики.

П'яте обмеження неповне покриття горизонтальної орієнтації. Горизонтальну адаптивність реалізовано для основних екранів застосунку; для екрана «Збережене» горизонтальний макет не виконано, оскільки цей екран є допоміжним. Повне покриття горизонтальної орієнтації віднесено до напрямів подальшого розвитку.

Напрямами подальшого розвитку продукту є програмна реалізація пошуку та фільтрації з формуванням вибірки, повне покриття горизонтальної орієнтації всіх екранів, а також адаптація інтерфейсу під ширший діапазон розмірів екранів, зокрема під пристрої на базі Android та під ширші екрани моделей Pro Max. Ці напрями сформульовано як перспективи й винесено до загальних висновків роботи.

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Під час кваліфікаційної роботи розроблено концепцію UI/UX мобільного навчального додатка «Math Assist». Проект призначений для дітей із порушеннями кольоросприйняття з метою поліпшення знань.

Економічна оцінка проекту необхідна для визначення витрат на розробку програмного продукту, ціни продажу наданих послуг з дизайну, а також доцільності його реалізації. Економічна вигода полягає не у продажу копій програмного продукту, насамперед, у можливості перевірити ідею продукту ще до початку програмування, зменшити ризики розробки та створити основу для подальшої технічної реалізації. Ринок збуту розробленого продукту охоплює сферу цифрових освітніх продуктів, мобільних навчальних додатків та інклюзивних навчальних рішень. Джерелом потенційного доходу для фірми-розробника може бути передача готового UI/UX-проекту замовнику. Джерелом фінансування є власні кошти фірми-розробника або кошти замовника. Потенційними замовниками можуть бути освітні платформи, приватні навчальні центри, команди розробників продуктів EdTech, інклюзивні навчальні заклади, а також організації, що розробляють або адаптують цифрові навчальні інструменти для дітей.

7.1 Технічні характеристики програмного продукту

Розроблення UI/UX-проекту мобільного навчального застосунку передбачає виконання таких етапів:

- формування вимог до мобільного навчального застосунку та визначення основних функцій UI/UX-прототипу;
- опрацювання навчальної логіки, інформаційної схеми та структури подання математичних матеріалів;

- визначення вимог доступності для користувачів із порушеннями кольоросприйняття;
- розробка загальної концепції інтерфейсу та дизайн-системи мобільного застосунку;
- проєктування інформаційної архітектури та основних UX-сценаріїв взаємодії користувача з продуктом;
- створення wireframe-структури екранів, попередньої верстки та внесення необхідних правок;
- підготовка графічних елементів, іконографіки та візуального контенту для навчального середовища;
- розробка кольорової схеми та UI-kit з урахуванням потреб дітей із порушеннями кольорового зору;
- створення дев'яти фінальних екранів мобільного застосунку у Figma;
- проєктування екранів і сценаріїв взаємодії з навчальним AI-асистентом;
- інтеграція мультимедійних компонентів у структуру інтерфейсу;
- створення інтерактивного прототипу з переходами між екранами;
- підготовка та проведення комплексного UI/UX-тестування прототипу;
- аналіз результатів тестування, доопрацювання прототипу та підготовка файлу до подальшого використання.

Проєкт обмежується UI/UX-прототипуванням, технічна реалізація backend-логіки, бази даних, облікових записів користувачів, платіжних функцій та інтеграції AI API у межах роботи не передбачається.

7.2 Послуги сервісної системи

Система обслуговування продукту включає послуги, пов'язані з передачею та подальшим використанням прототипу UI/UX замовником. Після завершення роботи замовник отримує файл Figma з остаточними екранами,

компонентами, набором UI, а також налаштованими інтерактивними переходами між екранами. Крім того, може бути проведена коротка презентація прототипу, під час якої пояснюються логіка навігації, структура основних екранів, а також особливості адаптації користувацького інтерфейсу для дітей із порушеннями сприйняття кольорів. За потреби сервісна підтримка може включати консультації щодо подальшої технічної реалізації, а також незначні корективи макету.

7.3 Захист споживчих якостей продукту

Споживчі якості продукту визначаються зручністю користування, зрозумілістю, візуальною доступністю та педагогічною доцільністю. Для їх забезпечення важливі стани та підказки в інтерфейсі відображаються не лише за допомогою кольорів, а й через символи, форми, написи та контрасти. Також передбачено чітку візуальну ієрархію, спрощену навігацію, мотиваційні елементи, індикацію прогресу та зрозумілу структуру навчального процесу. Додатково якість продукту може бути перевірена шляхом usability-тестування з представниками цільової аудиторії.

7.4 Оцінка конкурентоспроможності нового програмного продукту

На відміну від більшості загальних мобільних застосунків для вивчення математики, продукт поєднує навчальний математичний контент, дитячо-орієнтований інтерфейс та принципи доступного дизайну. У ході аналізу не було виявлено прямих мобільних аналогів, які одночасно поєднують навчання математики для дітей, мультимедійне подання навчального матеріалу та спеціалізовану адаптацію інтерфейсу для користувачів із порушеннями кольоросприйняття. Тому кількісний розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності є недоцільним. Конкурентні переваги продукту визначено якісно. До них належать інклюзивна спрямованість, адаптована

кольорова палітра, використання альтернативних візуальних підказок, зрозуміла навігація, опрацьовані UX-сценарії та інтерактивний прототип.

До собівартості UI/UX-проєкту включено основну заробітну плату виконавців, додаткову заробітну плату, єдиний соціальний внесок та інші витрати. Середньоденна заробітна плата виконавця:

$$З_{\text{сд}} = \frac{З_{\text{міс}}}{n}; \quad (9.1)$$

де $З_{\text{міс}}$ – місячна заробітна плата виконавця, грн;

n – кількість робочих днів у місяці ($n = 22$ дня).

До розробки ПП залучена команда фахівців, які будуть спеціалізуватися на відповідних сферах, а саме: UI-дизайнер (проєктування інтерфейсів), UX-дослідник (дослідження, аналіз, тестування користувацького досвіду), Product Manager (концепція, управління, координація ПП), графічний дизайнер-ілюстратор (2D-, 3D- діджитал-графіка, графічний контент), фахівець з розробки електронних навчальних комплексів (навчальна сфера) та профільний консультант-фахівець з доступності, який здійснює оцінку зручності інтерфейсу, перевіряє його відповідність принципам доступності і надає рекомендації щодо адаптації для користувачів із порушеннями кольоросприйняття.

Заробітна плата виконавців: UI-дизайнера – 227,27 грн/год, UX-дослідник – 255,68 грн/год, Product Manager – 281,25 грн/год, графічний дизайнер – 156, 25 грн/год, фахівець з розробки електронних навчальних комплексів – 170,45 грн/год, фахівець з доступності – 227,27 грн/год. Враховуючи, що тривалість робочого дня 8 годин, календарна тривалість розробки для команди становить 25 робочих днів, а загальна трудомісткість – 36 люд.-днів.

Розрахунок трудомісткості та основної заробітної плати наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок трудомісткості розробки та заробітної плати виконавців

Вид роботи	Виконавець		Трудо- витрати, люд- днів	Середньо- денна заробітна плата, грн.	Сума ЗП, грн. (гр.3хгр.4хгр.5)
	посада	к-ть, ос.			
1	2	3	4	5	6
1.Формування вимог та технічного завдання	Product Manager	1	1	2250,00	2250,00
2. Опрацювання навчальної логіки сценаріїв, створення інформаційної схеми	Фахівець навчальних комплексів	1	2	1363,64	2727,28
3. Визначення вимог доступності	Фахівець з доступності	1	1	1818,18	1818,18
4. Розробка концепції та дизайн-системи	UI-дизайнер	1	2	1818,18	3636,36
5. Проектування інформаційної архітектури та UX-сценаріїв продукту	UX-дослідник	1	3	2045,45	6136,35
6. Розробка wireframe-структури, верстки, правки	UI-дизайнер	1	3	1818,18	5454,54
7. Підготовка графічних елементів та іконографіки	Графічний дизайнер, Фахівець з доступності	2	1	1534,09	3068,18
8. Розробка кольорової схеми, UI-kit	UI-дизайнер	1	2	1818,18	3636,36
9. Розробка фінальних екранів і прототипу у Figma	UI-дизайнер, UX-дослідник	2	2	1931,82	7727,28
10. Проектування екранів і сценаріїв AI-асистента	UX-дослідник	1	2	2045,45	4090,90

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6
11.Інтеграція мультимедійних компонентів	UI-дизайнер і UX-дослідник	2	1	1931,82	3863,64
12. Створення інтерактивного прототипу	UI-дизайнер і UX-дослідник	2	1	1931,82	3863,64
13. Підготовка та проведення комплексного UI/UX-тестування прототипу	UX-дослідник, Фахівець з доступності, Фахівець навчальних комплексів	3	2	1742,42	10454,52
14. Аналіз результатів тестування	UI-дизайнер і UX-дослідник	2	1	1931,82	3863,64
15. Доопрацювання прототипу, підготовка до експортування	UI-дизайнер і UX-дослідник	2	1	1931,82	3863,64
Разом (ЗП)			36		66454,51 грн

Окрім витрат на заробітну плату, виникають також додаткові витрати, пов'язані з використанням технічних засобів праці. Оскільки розробка повністю відбувається в цифровому середовищі, основним засобом роботи є комп'ютер.

Для розрахунку припускається, що середня вартість використовуваної комп'ютерної техніки становить 28 000,00 грн. Термін експлуатації приблизно максимум 3 роки. Кількість робочих днів у році – 254, а один робочий день триває 8 годин. Оскільки загальна інтенсивність роботи над проєктом становить 36 люд-днів, термін експлуатації комп'ютерної техніки розраховується наступним чином:

$$T = 36 \times 8 = 288 \text{ год.}$$

Витрати на обслуговування комп'ютерної техніки розраховуються на основі її вартості придбання, терміну експлуатації та фактичного часу використання в рамках проєкту за формулою:

$$A = V_t / (T_{\text{експ}} \times D_{\text{рік}} \times T_d) \times T, \quad (9.2)$$

$$A = (28000,00 / (3 \times 254 \times 8) \times 288 = 1322,83 \text{ грн},$$

де V_t – вартість техніки, грн;

$T_{\text{експ}}$ – строк експлуатації, роки;

$D_{\text{рік}}$ – кількість робочих днів у році;

T_d – тривалість робочого дня;

T – час використання техніки для проєкту.

Отже, витрати на використання комп'ютерної техніки під час розробки UI/UX-проєкту «Math Assist» становлять 1 322,83 грн.

Крім того, враховуються витрати на електроенергію, оскільки робота над проєктом вимагає постійного використання цифрового робочого місця. Для розрахунку приймається середня потужність споживання робочого місця 0,3 кВт. Тариф на електроенергію становить 4,32 грн за 1 кВт·год, загальний час використання 288 годин.

Витрати на електроенергію розраховуються наступним чином:

$$V_{\text{ел}} = 0,3 \times 288 = 373,25 \text{ грн}.$$

Таким чином, витрати на електроенергію для реалізації UI/UX-проєкту «Math Assist» становлять 373,25 грн. Зведений розрахунок витрат і ціни наведено в таблиці 4.2.

Такий продукт потенційно може бути переданий замовнику або команді розробників, тому доцільно визначити собівартість, прогнозований прибуток, ціну проєкту без ПДВ та ціну з урахуванням ПДВ.

На основі попередніх розрахунків визначається собівартість проєкту. До собівартості включаються базова заробітна плата фахівців, додаткова винагорода, єдиний соціальний внесок, а також витрати на використання комп'ютерної техніки та споживання електроенергії.

Базова заробітна плата фахівців, згідно з таблицею 8.1, становить:
 $ЗП = 66454,51$ грн.

Додаткова заробітна плата розраховується у розмірі 20 % від базової заробітної плати:

$$ЗП_{\text{дод}} = ЗП \times 0,20 = 66454,51 \times 0,20 = 13290,90 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок становить 22 % від суми основної заробітної плати та додаткової заробітної плати:

$$\begin{aligned} \text{ЄСВ} &= (ЗП + ЗП_{\text{дод}}) \times 0,22 = \\ &= (66454,51 + 13290,90) \times 0,22 = 17543,99 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Собівартість проєкту UI/UX розраховується як сума всіх зазначених витрат:

$$C = ЗП + ЗП_{\text{дод}} + \text{ЄСВ} + A + B_{\text{ел}} ; \quad (9.3)$$

Отримуємо:

$$C = 66454,51 + 13290,90 + 17543,99 + 1322,83 + 373,25 = 98985,48 \text{ грн.}$$

Плановий прибуток розраховується з рентабельністю 30 %:

$$П = C \times 0,30 = 98985,48 \times 0,30 = 29695,64 \text{ грн.}$$

Ціна проєкту без податку на додану вартість (ПДВ) визначається як сума собівартості та прибутку:

$$C_{\text{безПДВ}} = C + П = 98985,48 + 29695,64 = 128681,12 \text{ грн.}$$

ПДВ становить 20 % від ціни без ПДВ:

$$\text{ПДВ} = C_{\text{безПДВ}} \times 0,20 = 128681,12 \times 0,20 = 25736,22 \text{ грн.}$$

Остаточна ціна розробки мобільного застосунку з урахуванням ПДВ складає:

$$C_{\text{зПДВ}} = C_{\text{безПДВ}} + \text{ПДВ} = 128\,681,12 + 25\,736,22 = 154\,417,34 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок витрат на розробку та ціни UI/UX-проєкту мобільного застосунку «Math Assist»

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Заробітна плата (ЗП)	66454,51
2. Додаткова заробітна плата, 20%	13290,90
3. Єдиний соціальний внесок (22% від ЗП)	17543,99
4. Витрати на обслуговування комп'ютерної техніки	1322,83
5. Витрати на електроенергію	373,25
6. Собівартість розробки UI/UX-проєкту	98985,48
7. Прибуток, 30%	29695,64
8. Ціна без ПДВ	128681,12
9. ПДВ, 20%	25736,22
10. Ціна з урахуванням ПДВ	154417,34

Таким чином, в економічній частині кваліфікаційної роботи було розраховано економічні показники для створення UI/UX-проєкту мобільного

додатка. У ході розрахунків було враховано трудомісткість, витрати на заробітну плату залучених фахівців, додаткові витрати на заробітну плату, єдиний соціальний внесок, а також інші витрати, пов'язані з проєктом. У реалізації проєкту брали участь такі спеціалісти: UI-дизайнер, UX-дослідник, продукт-менеджер, графічний дизайнер-ілюстратор, фахівець з електронних навчальних комплексів, а також фахівець з доступності. Загальна трудомісткість проєкту становить 36 люд-днів, тоді як календарна тривалість розробки для команди становить приблизно 25 робочих днів. При запланованій рентабельності 30 % очікуваний прибуток становить 29 695,64 грн. А кінцева ціна проєкту UI/UX з урахуванням ПДВ становить 154 417,34 грн. Проведені розрахунки показують, що розробка запропонованого UI/UX-проєкту є економічно обґрунтованою та доцільною.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі спроектовано UI/UX-інтерфейс мобільного застосунку «Math Assist» для навчання математики дітей з дальтонізмом. Мету роботи, яка полягала в обґрунтуванні та перевірці зручності та доступності користувацької взаємодії для аудиторії з порушенням колірного сприйняття досягнуто, а поставлені завдання виконано в повному обсязі.

У межах аналітичного огляду досліджено особливості колірного сприйняття за протанопії, дейтеранопії та тританопії, а також вимоги стандарту WCAG 2.2 до доступності цифрових інтерфейсів (критерії 1.4.1, 1.4.3 та 1.4.11). Аналіз мобільних застосунків для навчання математики виявив їхню спільну залежність передавання інформації від кольору, що робить такі застосунки недоступними для користувачів із дальтонізмом і обґрунтовує потребу в інтерфейсі, де колір не є єдиним носієм змісту.

Сформовано концепцію та вимоги до продукту, визначено цільову аудиторію, портрет користувача, сценарії використання й авторську систему мотивації з персонажем-асистентом. Спроектовано інформаційну архітектуру з десяти екранів та ієрархічну навігацію, довжина маршрутів якої не перевищує трьох екранних переходів, а також дві модульні сітки для формату 390×844 з непарною кількістю колонок, що дало змогу виділяти активний елемент центральним розташуванням без опори на колір.

Ключовим результатом є доступна дизайн-система. Кольорову палітру побудовано на відтінках зеленого з нейтральним сіро-чорним текстом і світлим тлом; її вибір обґрунтовано тим, що для користувачів із дальтонізмом ці відтінки сприймаються як контрастна комбінація жовтих і сірих тонів. Реалізовано принцип безбарвного кодування, за яким кожне значення інтерфейсу передається щонайменше двома ознаками: колірною та неколірною (форма, іконка, текстура або підпис). Розроблено бібліотеку компонентів і типографічну систему на гарнітурі Montserrat Alternates, а на їх

основі спроектовані макети роботи та інтерактивний прототип у середовищі Figma.

Працездатність інтерфейсу перевірено інструментально та за даними користувацького тестування. Інструментальна перевірка показала, що основний текст має запас контрасту на всіх фонах (від 8,72:1 до 14,76:1), і виявила дві колірні пари, що не відповідали нормі. Тестування із залученням п'яти учасників, серед яких один має підтверджене порушення колірного сприйняття, підтвердило зручність і доступність: усі завдання виконано, стани елементів на екранах у режимі симуляції дальтонізму розпізнано зі стовідсотковою правильністю, а середній бал за шкалою SUS склав 98 зі 100. Зауваження реальних користувачів щодо контрасту зелених математичних позначень збіглося з результатом інструментальної перевірки, і за цими двома незалежними джерелами інтерфейс доопрацьовано акцентний зелений колір на світлому фоні затемнено, унаслідок чого всі колірні пари приведено у відповідність до норм.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропоновані рішення: безбарвне кодування, інструментально перевірена палітра та методика тестування доступності на симуляції, можуть застосовуватися не лише в навчальних застосунках, а й в інших цифрових продуктах, орієнтованих на інклюзивність. Напрямами подальшого розвитку є програмна реалізація пошуку та фільтрації з формуванням реальної вибірки, повне покриття горизонтальної орієнтації всіх екранів та адаптація інтерфейсу під ширший розмірний діапазон пристроїв, зокрема під смартфони на базі Android і під ширші екрани моделей Pro Max.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Андрєєва, Ж.М., & Вовк, О.В. (2023). Роль кольору в іграх. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 81–85).
2. Вовк, О.В., & Задорожна, В.К. (2025). Дослідження етапів планування UI та UX сайту. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 28-30).
3. Бізюк, А. В., & Каряка, Ю. М. (2023). Дослідження UX/UI прототипу: перевірка вдосконаленої методології на підвищення ефективності взаємодії користувачів з продуктом. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 122-123).
4. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Шипова, М.К. (2021). Вплив колірної гами навчальної літератури на сприйняття дитиною шкільного матеріалу. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: монографія. (с. 40-55). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».
5. Глюза, М., & Вовк, О. (2024). Основи UX-research. Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених. (с. 112).
6. Дейнеко, Ж.В., Бізюк, А.В., Вовк, О.В., Кулішова, Н.Є., & Челомбітько, В.Ф. (2025). Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів денної та заочної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G20 «Видавництво та поліграфія» за освітньою програмою «Видавничо-поліграфічна справа». Харків: ХНУРЕ.
7. Діденко, М.В., & Вовк, О.В. (2020). Дослідження методів оцінки UX інтерфейсів нового покоління. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 128-130).
8. Крячко, М., & Шипова, М. (2024). Роль UI KIT при проектуванні та розробці web-сайту. Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених. (с. 121).

9. Манаков, В.П., Бізюк, А.В., & Новикова, Д.В. (2025). Методи оцінювання ефективності прототипів під час UX-досліджень. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 62-63).
10. Менделєва, М.В., Сергієнко, М.А., & Бедрата, Р.Р. (2026). Вплив психології сприйняття кольору на конверсію в мобільних додатках. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 110-113).
11. Стадник, П.О., & Вовк, О.В. (2022). Роль використання інформаційної архітектури при проектуванні веб-сайту. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 82-83).
12. Чеботарьова, І.Б., & Черкашина, Г.І. (2024). Основні тренди UI/UX дизайну 2024 року. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 40-47).
13. Чусь, В.В., & Вовк, О.В. (2023). Розробка інтерфейсу мобільного додатку соціальної мережі на основі принципів Human Interface Guidelines. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 42-44).
14. Adobe. (2026). Leonardo: Adaptive color scales and accessibility tool. <https://leonardocolor.io/>.
15. Azarenkov, V.I., & Svintsova, D.O. (2023). Analysis of trends in UI/UX interface development and their impact on future user experience. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 145-146).
16. Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), Usability evaluation in industry (p. 189-194). Taylor & Francis.
17. Colblindor. (2026). Coblis – Color Blindness Simulator. <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>.
18. Meeks, L.M., Jain, N.R., & Herzer, K.R. (2016). Universal design: Supporting students with color vision deficiency (CVD) in medical education. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 29(3), 303-309.
19. Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>.

20. Sajek, D., Korotenko, O., & Kyrychok, T. (2025). Research on the accessibility of different colour schemes for web resources for people with colour blindness. *Journal of Imaging*, 11(8), 268. <https://doi.org/10.3390/jimaging11080268>.

21. Torrents, A., Bofill, F., & Cardona, G. (2011). Suitability of school textbooks for 5 to 7 year old children with colour vision deficiencies. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 607-612.

22. Vovk, O.V., Chebotarova, I.B., & Mendieliava, M.V. (2025). Approach to comprehensive website testing: combining usability and Functional test methods. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасні тренди: колективна монографія. Т. 1. (с. 5-30). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид»*. <https://doi.org/10.30837/PMW.2025.T1.005>.

23. Vovk, O., Hryhoryev, O., Hliuza, M., Chebotarov, R., & Mendieliava, M. (2026). Usability testing of insurance websites via proxy users. *Management Information System and Devices*, 2(189), 138-152. <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2026.189.138>.

24. W3C. (2023). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. W3C Recommendation. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>.

25. WebAIM. (2024). Contrast Checker. Web Accessibility In Mind. <https://webaim.org/resources/contrastchecker/>.

26. Google Play. (n. d.). Math Formula with Practice. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aminur.math_formulas&hl=en_US.

27. Google Play. (n. d.). IIT JAM Mathematics Exam. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edurev.iitjammaths&hl=en_US.

28. Google Play. (n. d.). Incredible Math. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.marcsoftware.incrediblemath&hl=en_US.

29. Google Play. (n. d.). High School Math Practice. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.varsitytutors.learningtools.hsmath&hl=en_US.

30. Google Play. (n. d.). Formula. https://play.google.com/store/apps/details?id=m4.enginary&hl=en_US.

31. Google Play. (n. d.). Math Tests: learn mathematics. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.holucent.math&hl=en_US.
32. Google Play. (n. d.). Khan Academy. https://play.google.com/store/apps/details?id=org.khanacademy.android&hl=en_US.
33. Васильєва, С.В. & Кулішова, Н.Є. (2021). Особливості популярних Colorblinded friendly додатків Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 73-74).
34. Kulishova, N., & Bilets, D. (2023). Colors in multimedia editions. Information technologies in the modern world: research of young scientists. (p. 90).
35. Пучка, Г. & Кулішова, Н. (2024). Дослідження процесу розробки компонентів графічних інтерфейсів у мобільних додатках за допомогою нейромереж. Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті. Т. 6, ч. II. (с. 905-906).
36. Пучка, Г. & Кулішова, Н. (2024). Застосування штучного інтелекту для створення інтерфейсів мобільних додатків. Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті. Т. 6, ч. II. 907-908.