



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
Кафедра Медіасистеми та технології  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Технології електронних мультимедійних  
видань  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« 1 » жовтня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Васильєвій Софії Вадимівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження технології розробки colorblinded friendly макету  
мобільного додатку

затверджена наказом по університету від 29 жовтня 2021 р. № 1612 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 3 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи  
Явище аномалії зору, яке погіршує сприйняття кольорів під час роботи користувача із  
мобільним додатком; стандарти оцінки якості мобільних додатків; методи та принципи  
побудови інтерфейсу користувача; положення теорії кольору

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі  
Аналіз проблем та постановка задач дослідження, Дослідження кольірних областей, які  
доступні для сприйняття користувачами з вадами кольорного зору, Сучасні способи компенсації  
вад кольорного зору користувачів, Рекомендації щодо розробки colorblind friendly макету  
мобільного додатку, Проведення експериментальних досліджень, Економічна частина,  
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних  
ілюстрацій  
Аналіз явища дальтонізму, його типів; Дослідження кольірних зон, що доступні для  
сприйняття дальтоніками; Сучасні методи компенсації вад кольорового зору в  
інтерфейсах; Розробка рекомендацій для проектування colorblind friendly дизайну  
додатку, Експериментальне дослідження; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Кулішова Н.Є.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	29 жовтня	виконано
2	Аналіз проблем та постановка задач дослідження	3 листопада	виконано
3	Дослідження колірних областей, які доступні для сприйняття користувачами з вадами колірного зору	10.11.2021	виконано
4	Сучасні способи компенсації вад колірного зору користувачів	15.11.2021	виконано
5	Розробка рекомендацій для проектування colorblind friendly дизайну додатку	20.11.2021	виконано
6	Експериментальне дослідження	25.11.2021	виконано
7	Економічна частина	02.12.2021	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	02.12.2021	виконано
9	Захист кваліфікаційної роботи	08.12.2021	виконано

Дата видачі завдання 1 жовтня 2021 р.

Студент \_\_\_\_\_ Васильєва С.В.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ проф. Кулішова Н. Є.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 62 с., 11 табл., 38 рис.,  
18 джерел.

ДИЗАЙН, ВЕБ-ДИЗАЙН, ІНТЕРФЕЙС, РЕДИЗАЙН, ДОДАТОК,  
МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК, ДАЛЬТОНІЗМ, ПРОТАНОПІЯ, ДЕЙТЕРАНОПІЯ,  
ТРИТАНОПІЯ, МОНОХРОМАЗІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості макету мобільного додатку завдяки поширенню можливостей для користувачів з вадами колірною зору.

В роботі розглянуто типи дальтонізму, відповідні обмеження колірних зон та можливі проблеми у людей із вадами колірною зору при роботі з інтерфейсами. Досліджено сучасні способи компенсації вад зору користувачів для створення colorblind friendly функції в інтерфейсі. Створено рекомендації щодо процесу розробки додатків та проведено експериментальне дослідження їх ефективності. Виконано економічне обґрунтування дослідження.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка о квалификационной работе: 62 с., 11 табл., 38 рис., 18 источников.

ДИЗАЙН, ВЕБ-ДИЗАЙН, ИНТЕРФЕЙС, РЕДИЗАЙН, ПРИЛОЖЕНИЕ, МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ, ДАЛЬТОНИЗМ, ПРОТАНОПИЯ, ДЕЙТЕРАНОПИЯ, ТРИТАНОПИЯ, МОНОХРОМАЗИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ.

Цель квалификационной работы – повышение качества макета мобильного приложения благодаря распространению возможностей для пользователей с недостатками цветового зрения.

В работе рассмотрены типы дальтонизма, соответствующие ограничения цветовых зон и возможные проблемы у людей с недостатками цветового зрения при работе с интерфейсами. Исследованы современные способы компенсации пороков зрения пользователей для создания colorblind friendly функции в интерфейсе. Созданы рекомендации по разработке приложений и проведено экспериментальное исследование их эффективности. Выполнено экономическое обоснование исследования.

## ABSTRACT

Explanatory note of the qualification work: 62 p., 11 tabl., 38 pic., 18 sources.

DESIGN, WEB DESIGN, INTERFACE, REDESIGN, APPLICATION, MOBILE APPLICATION, DALTONISM, PROTANOPIA, DEUTERANOPIA, TRITANOPIA, MONOCHROMASY, RESEARCH.

The goal of qualifying work is to improve the quality of mobile app layout by extending the experience to color vision impaired users.

The paper discusses the types of color blindness, the corresponding restrictions on color zones and possible problems for people with color vision deficiencies when working with interfaces. Modern methods of compensation of users visual defects are investigated to create color-friendly functions in the interface. Recommendations for the development of applications were created and an experimental study of their effectiveness was carried out. The economic substantiation of the study has been completed.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП .....	9
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Аналіз проблеми ефективності роботи дальтоніків із мобільними додатками .....	11
1.2 Аналіз типів дальтонізму.....	11
1.3 Світовий досвід адаптації мобільних додатків для дальтоніків.....	17
1.3 Постановка завдання .....	19
2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛІРНИХ ОБЛАСТЕЙ, ЯКІ ДОСТУПНІ ДЛЯ СПРИЙНЯТТЯ КОРИСТУВАЧАМ З ВАДАМИ КОЛІРНОГО ЗОРУ .....	21
3 СУЧАСНІ СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ ВАД КОЛІРНОГО ЗОРУ КОРИСТУВАЧІВ .....	25
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ COLORBLINED FRIENDLY МАКЕТУ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ.....	33
4.1 Вибір кольорової схеми .....	33
4.2 Підбір шрифту й накреслення.....	34
4.3 Розробка додаткових некольорових елементів й патернів .....	35
4.4 Перевірка на контрастність елементів дизайну .....	35
4.5 Перевірка дизайну з експертами .....	35
4.6 Перевірка екрану на контрастність у Adobe Photoshop.....	36
4.7 Перевірка контрастності тексту та іконок на фоні, отримання можливих поліпшень .....	36
4.8 Процес проектування colorblinded friendly макету мобільного додатку .....	37
4.8.1 Визначити мету, задачі, цільову аудиторію .....	38
4.8.2 Проектування структури додатку.....	38
4.8.3 Розробка вайрфреймів .....	39
4.8.4 Розробка дизайнів макету .....	39
4.8.5 Тестування дизайнів макету .....	41

4.8.6 Підготовка макету для розробників .....	41
5 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	43
5.1 Розробка візуального рішення додатку за запропонованою методикою .....	43
5.2 Експертне оцінювання результатів редизайну додатку .....	45
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	51
6.1 Характеристика науково-дослідного рішення .....	51
6.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата .....	51
6.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР .....	54
6.4 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР .....	57
6.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР .....	58
ВИСНОВКИ .....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	61

## ВСТУП

Сучасний світ перебуває на етапі перебудови спільноти на більш толерантну сторону. Зараз велике значення має повага до національностей, гендерів, типів людей та їх особливостей.

Замовники сайтів або додатків не так давно почали замислюватися над толерантним гендерним чи національним поділом, або проблемами людей із поганим зором, або людей із обмеженою можливістю розпізнавати кольори.

Але, якщо для перших двох впроваджують додаткові можливості та функції, для останніх роблять дуже мало, або зовсім забувають про такі відмінності.

Дальтоніків існує значна кількість населення (на 1000 людей - 43 дальтоніка), але дуже маленька кількість додатків орієнтовна на цю групу людей [1]. А їм буває важко зрозуміти, чого в них не виходить ввести інформацію, зробити дію, побачити елементи інтерфейсу.

Лише зараз замовники та продавці програмних продуктів та електронних видань замислюються над тим, щоб для цієї частини людей використання продуктів було зручним. Необхідно чітко визначити, які проблемні місця існують у додатках, як їх можна усунути, а, мабуть, деякі з них покращити. Тому ще треба досліджувати цю тему.

З наукової та практичної точки зору новизни неможна сказати, що тема дуже нова, бо маленька кількість різнорідних додатків для дальтоніків вже існує. Але у багатьох додатках лише зараз впроваджують та замислюються над деталями, які допоможуть людям із обмеженою можливістю розпізнавати кольори, зрозуміти багатокольорові графіки, які помилки чи застереження прийшли на додаток, та багато інших функціональних можливостей.

Запобігання та усунення візуальних проблем вирішується на етапі розробки макету дизайну. Необхідно пам'ятати про рекомендації та допоміжні сайти, які й допоможуть розробити colorblinded friendly інтерфейс.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості макету мобільного додатку завдяки поширенню можливостей для користувачів з вадами колірної зору.

Гіпотеза висунена за роботою: процес розробки макету дизайну з операціями, що зроблять елементи інтерфейсу розпізнаваними для дальтоніків, підвищує якість додатку та не збільшує тривалість розробки.

Об'єктом дослідження є процес розробки інтерфейсу мобільних додатків.

Предметом дослідження є принципи розробки макету інтерфейсу мобільного додатку, положення теорії кольору, методи експертного оцінювання. В ході роботи розглядатимуться сучасні тенденції рішення проблеми, прийоми оформлення макету.

## 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Аналіз проблеми ефективності роботи дальтоніків із мобільними додатками

Під час роботи з більшою кількістю мобільних додатків, у користувачів із дальтонізмом виникають складності щодо оцінки візуальних даних, поведінки програми.

Людина із обмеженою можливістю розпізнавати кольори може не зрозуміти різницю даних у графіці, не визначити проблему роботи додатку, відмінність елементів одного типу.

Додатки, які орієнтуються лише на кольорові рішення, та уникають проблеми дальтоніків, мають ризик втратити значну кількість аудиторії.

### 1.2 Аналіз типів дальтонізму

Дальтонізм (або colour blindness) – це загальна назва вади зору, при якій порушується сприйняття кольору людиною, плутаються відтінки кольорів або зовсім втрачається здатність розрізняти кольори.

Саме плутання відтінків або неможливість розрізняти кольори залежить від тяжкості порушень зору. Найпоширенішою причиною появи дальтонізму є успадкування [2].

Найчастіше зустрічаються два типи колірної сліпоти – дейтеранопія і протанопія. При першому типі людина не сприймає зелений колір у спектрі кольорів, тож окрім сліпоти до зеленого кольору, не виділяються також відтінки, в яких є цей колір. Люди із протанопією мають таку саму проблему, але їх зір менш чутливий до червоної частини спектру. Існує ще один тип колірної сліпоти, який зустрічається набагато рідше – це тританопія. При ній не виділяються сині та жовті кольори, та їх відтінки. Найрідкіснішим типом

дальтонізму є – монохромазія, при якій кольори виділяються лише за яскравістю, тобто такі люди бачать увесь світ як чорно-білий [3].

Будь-який тип дальтонізму доставляє незручності; це відображається і на взаємодії з інтерфейсами. У гіршому випадку дальтонік зовсім не зможе користуватися продуктом, що засмутить багатьох користувачів, а бізнес втратить потенційних клієнтів.

Існує невірна думка, що сприйняття кольорів у дальтоніків працює таким чином, що один колір змінюється іншим, але насправді вони не бачать траву синьою, а червоний м'яч – фіолетовим. У їхньому світогляді кольори можуть збігатися й дуже наближатися за відтінком один до одного, а інші кольори залишаються незмінними. Насамперед кольоросприйняття прямим чином залежить від типу дальтонізму.

Дальтонізм буде правильно називати не захворюванням, а дефектом чи вадою зору, бо така особливість організму не загрожує здоров'ю пацієнта. Відмінність дальтоніків від звичайних людей полягає у тому, що деякі кольори, відтінки та загальний навколишній світ вони бачать по-іншому.

Колбочки, які є особливими нервовими клітинами, розташовані у центрі сітківки у зоровому апараті, і відповідають за розрізнення кольорів. При нормальній роботі зорового апарату, колбочки мають три пігменти, які і є відповідальними за розпізнавання червоного, зеленого та синього кольорів. Саме завдяки поєднанню цих базових кольорів у корі головного мозку, людина сприймає таку багату палітру кольорових відтінків, якою має змогу насолоджуватися кожен день. Коли ж пігменту не вистачає, або він зовсім відсутній, то й виникають вади зору та інакше сприйняття кольорів. Проблеми та порушення фоторецепторів, які призвели до дальтонізму, визначає спеціалізований доктор.

Найчастіше серед усіх вроджених дефектів зорового апарату, зустрічається аномальна трихромазія. На її частку припадає до 70% всіх патологій сприйняття кольору. При трихромазії один з трьох пігментів колб працює не так ефективно, як інші два [4].

Протанопія – це відхилення колірного сприйняття, що призводить до неможливості розрізняти кольори і відтінки пурпурової частини спектра. Цей тип дальтонізму передається через успадкування дітьми від батьків дефектного гену. Колбочковий апарат сітківки, який має функцію сприйняття кольорів, зазнає деформації ще в утробі матері. Протанопія виникає в результаті деформації колбочки, що сприймає хвилі довжиною 570 нм (пурпурні відтінки). Для протанопа область 480-495 нм здається ахроматичною, приклад можна побачити на рис. 1.1.

Дефект зору зустрічається достатньо рідко, частіше у чоловіків (8%), ніж у жінок (0,5%). За існуючими даними, є висновок, що таких людей існує не більше 1% на всій планеті [5].



Рисунок 1.1 – Кольорове коло при протанопії

Інший тип дальтонізму – дейтеранопія, коли пошкоджені колбочки, які відповідають за вловлювання жовто-зелених відтінків. Як і інші типи дефекту зорового апарату, при дейтеранопії не порушується зір людини, а лише змінюється сприйняття кольорів. Зелені відтінки змішуються з рожевими, помаранчевими і червоними, а червоні – з коричневими і зеленими. Людина із дейтеранопією бачить червоний темно-жовтими блідими відтінками. Зелений колір змінюється аналогічно червоному, або ж

перетворюється у світло-жовтий. Таким чином, можна пояснити, чому людина із дейтеранопією бачить сонце зеленим, а сам захід – синьо-зеленим.

Крім того, дейтаронопи мають таку відмінність, що також можуть сприймати змінений спектр для кількох інших кольорів, включаючи певні відтінки фіолетового, синього і сірого. Для дейтеранопа область 495-500 нм здається ахроматичною.

Дейтеранопія є рідкісним захворюванням, яке може бути вродженим або виникнути внаслідок травм і патологій ока. Приклад того, як людина із такою вадою бачить кольори, можна роздивитися на рис. 1.2 [6].

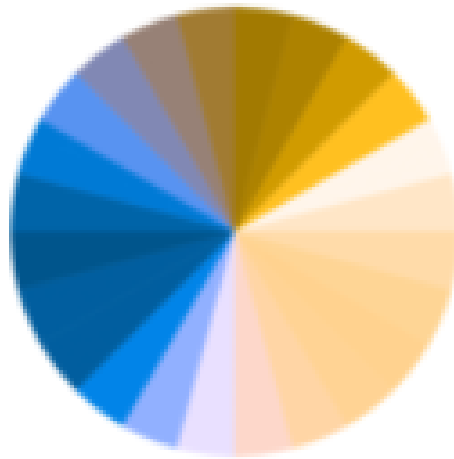


Рисунок 1.2 – Кольорове коло при дейтеранопії

Тританопія – це форма дефекту зорового апарату, при якому сприйняття синього (фіолетового) кольорів відсутнє. Дефект є вродженою частковою колірною сліпотою, спадковим порушенням, викликаним дефектом ікс-хромосоми. Причиною його є проблема порушення функціонування кольорочутливих рецепторів, які знаходяться в центральній частині сітківки ока. При тританопії всі кольори спектра представляються відтінками червоного або зеленого.

Тританопія є вкрай рідкісною формою дальтонізму, зачасту вроджена, зустрічається як у жінок, так і у чоловіків в однаковій процентній кількості. Людей із таким типом вади зорового апарату не сприймати синій, називають тританомалами або ж тританопами.

Область спектра між 565 і 575 нм тританопи сприймають як ахроматичну, що можна побачити на рис. 1.3 [7].



Рисунок 1.3 – Кольорове коло при тританопії

Останній із існуючих типів – монохромазія. При такому типі дальтонізму виникає патологія сприйняття зоровим апаратом сприйняття навколишнього світу лише в одному кольорі.

При монохромазії людина має відсутніми всі 3 типа фоторецепторів, які відповідають за сприйняття кольорів. В більшій кількості випадків, дефект є вродженою вадою, хворих з такою патологією називають монохроматами.

Людина, що страждає монохромазією, розрізняє кольори тільки за їх яскравістю, що можна побачити на рис. 1.4 [8].



Рисунок 1.4 – Кольорове коло при монохромазії

Таким чином, дивлячись на кольорові схеми (рис. 1.5), можна зробити висновки, які кольори краще використовувати як акцентні, з якими можуть виникнути складності, та які кольори краще не поєднувати.



Рисунок 1.5 – Кольорові схеми типів дальтонізму

Краще за все використовувати синій як акцентний колір, він повторюється при дейтаранопії та протанопії, трохи змінений при тританопії та виділяється яскравістю при монохромазії. На другому місці після синього є жовтий.

Людина із обмеженою можливістю може й не зрозуміє, які насправді обрані кольори, чи вони будуть однаковими, та за рівнем яскравості вони будуть виглядати, як різні.

Серед всіх кольорів також можна визначити ті, які будуть завдавати дискомфорту людині із дальтонізмом. Протанопія та дейтеранопія дуже схожі, тож мають майже однакові небезпечні комбінації кольорів. Із зображених кольорових кругів видно, що зелений, червоний, коричневий (з однаковою яскравістю) таким людям буде складно відрізнити. Яскравість при цьому не має значення, вони все одно будуть тусклого кольору.

Інші кольори, які є небезпечними – рожевий, сірий, бірюзовий. Кольори темних чи світлих відтінків (однієї тональності) будуть виглядати сірими (для дейтеранопів додається відтінок рожевого). Для привернення уваги людини їх зовсім не можна використовувати.

Також не можна використовувати поруч синій та фіолетовий. Якщо для людини із дейтеранопією фіолетовий має незначний відтінок, то для протанопів він виглядає зовсім синім.

При тританопії зелений та синій будуть виглядати як бірюзовий, а відтінки жовтого, помаранчевого як рожеві, тож тут спектр кольорів звужується значніше за два попередні види дальтонізму.

### 1.3 Світовий досвіт адаптації мобільних додатків для дальтоніків

Деякі з додатків мають свої особливості, на яких можна повчитися та використати при розробці свого додатку. Кілька популярних додатків використовують прийоми, які добре вирішили задачу розробки інтерфейсу для людей із дальтонізмом, для подальшого використання при розробці макетів [9].

Trello – хмарова програма управління проектами невеликих груп. Для кращого контрасту у Trello є режим із паттернами. Наприклад, у додатку користувачі помічають картки з задачами кольором, але людина може переключити режим та до кольорів додаються унікальні візерунки (рис. 1.6).

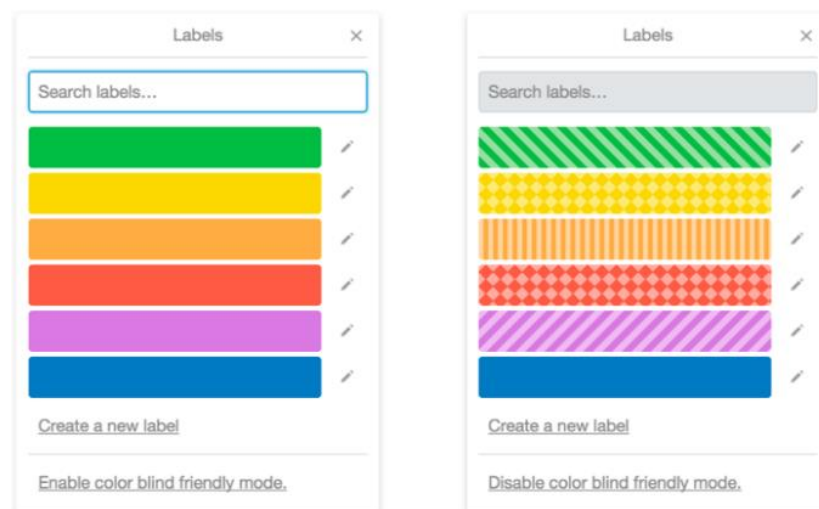


Рисунок 1.6 – Режим дальтоніка у Trello

Інший додаток, який вправно знайшов підхід розпізнавання за кольорами – Two Dots. Two Dots – це гра, в якій поєднують точки однакового кольору. Користувач має змогу переключити режим, та крім кольорів на точках будуть відображені унікальні символи (рис. 1.7), саме за якими матимуть змогу орієнтуватися користувачі.



Рисунок 1.7 – Режим дальтоніка у Two Dots

Прийоми додавання паттернів, символів окрім кольорів допоможе людині із дальтонізмом розпізнавати елементи, але такі деталі працюють не на всіх додатках. На сервісах із великою кількістю інформації буде багато візуального шуму. Тому деякі програми знаходять інші варіанти рішення.

Slack – месенджер із великими можливостями комунікації. У Slack можна обрати одну з заготовлених кольорових схем для дальтоників для самого додатку. Тема змінює всі кольори інтерфейсу (рис. 1.8).

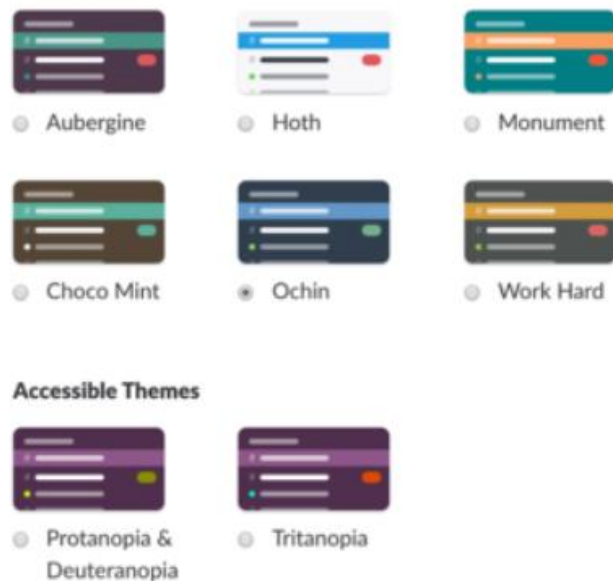


Рисунок 1.8 – Теми Slack

Інший цікавий прийом можна побачити у грі Among Us. Ця гра завоювала велику кількість прихильників, серед яких були й користувачі із вадою розпізнавання кольорів. Гра основана на розпізнаванні кольорових гравців, тому в неї буде важко грати дальтонікам. Розробники додали Colorblind Mode, в якому всі кольори переходять в сірі. Режим прирівнює гравців, але й трохи ускладнює її. Та через це гравців навіть більше цікавить хід гри [10].

Створення додатків, які підходять також для користувачів із вадою розпізнавання кольорів, не просте завдання. Але завдяки різним прийомам, які винайшли й протестували розробники популярних програм, розробка стає легкою та усвідомленою [11]. Необхідно піклуватися, щоб додаток підходив різним користувачам та взаємодія була зрозуміла з першого погляду.

### 1.3 Постановка завдання

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості макету мобільного додатку завдяки поширенню можливостей для користувачів з вадами колірної зору.

Гіпотеза висунена за роботою: процес розробки макету дизайну з операціями, що зроблять елементи інтерфейсу розпізнаваними для дальтоніків, підвищує якість додатку та не збільшує тривалість розробки.

Об'єктом дослідження є процес розробки інтерфейсу мобільних додатків.

Предметом дослідження є принципи розробки макету інтерфейсу мобільного додатку, положення теорії кольору, методи експертного оцінювання.

Корисним результатом дослідження буде створення рекомендацій для розробки додатків для дальтоніків. Завдяки цьому вирішиться проблема 20% населення світу при роботі з інтерфейсами.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі питання:

- аналіз додатків світового рівня, які реалізують colorblind friendly функції в інтерфейсі;
- дослідження колірних областей, які доступні для сприйняття користувачам з вадами колірного зору;
- дослідження сучасних способів і методів компенсації тих вад зору користувачів, які погіршують взаємодію з додатками;
- визначення корисних інструментів для опрацювання елементів дизайну;
- створення рекомендацій щодо процесу розробки додатків;
- експериментальне дослідження ефективності запропонованих рекомендацій;
- економічне обґрунтування дослідження.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛІРНИХ ОБЛАСТЕЙ, ЯКІ ДОСТУПНІ ДЛЯ СПРИЙНЯТТЯ КОРИСТУВАЧАМ З ВАДАМИ КОЛІРНОГО ЗОРУ

Для того, щоб уникнути проблем при роботі користувачів дальтоніків, потрібно чітко визначити, як саме спотворюється їх колірне сприйняття.

### 1. Контраст чорного і білого.

Насамперед треба розуміти, що людина із вадою зорового апарату бачить зображення та світ не менш барвистими, ніж інші люди. Нехай їм й не доступні всі кольори, але відтінки вони можуть розрізняти навіть краще.

Коли дальтонік виділяє об'єкт, то буде більше спиратися на світловий контраст. Контраст – це особливість сприйняття та виділення оком об'єктів в залежності від умов сприйняття (фону, руху, розташування). Із контрастом пов'язано ще таке поняття, як динамічний діапазон [12].

Динамічний діапазон – відношення між найбільшим і найменшим значеннями яскравості, які може містити певну кількість. Контраст кольорів - це різниця між найяскравішим випромінюванням та найтемнішим у ступені двійки. У очей пристосування до різних рівнів світла займає деякий час, тому дизайнерам необхідно враховувати динамічний діапазон людського ока, та як це застосувати до цифрових екранів.

Коефіцієнт колірної контрастності – властивість цифрової системи відображення, що визначається як відношення яскравості найяскравішого кольору (білого) до найтемнішого кольору (чорного), який здатна виробляти система. Високий коефіцієнт контрастності є бажаним аспектом будь-якого дисплея.

Динамічний діапазон людського ока становить близько 20 ступенів, або 1,000,000:1. Контрастна чутливість людського ока найбільша, коли частота деталей у сцені становить близько 4 циклів на градус (рис. 2.1).

## DYNAMIC RANGE

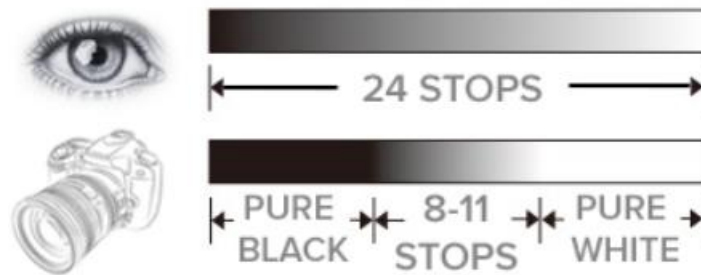


Рисунок 2.1 – Динамічний діапазон людського ока в порівнянні з камерою

Контраст присутній у більшій кількості поєднаних кольорів, але він може бути як різким, так і приглушеним. Чим нижче контраст, тим складніше дальтоніку його розрізнити.

Для того, щоб зручніше було контролювати світловий контраст, можна повністю відмовитися від кольору ще на початку розробки дизайну інтерфейсу. Окрім того, цей підхід допоможе зорієнтуватися саме на UX додатку. Тож, чим менше кольорів використовується, тим менше є ймовірність отримати обмежений дизайн. Якщо інтерфейс вже готовий, то можна знебарвити його та перевірити на контрастність.

За контрастом елементи інтерфейсу повинні проходити по стандартам WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). У гайдлайнах WCAG визначені наступні інструкції для доступного веб-контенту і пов'язані з ним коефіцієнти контрастності.

Мінімальні стандарти контрастності:

- контраст (мінімальні): візуальна презентація тексту і зображень тексту має коефіцієнт контрастності не менше 4,5:1, за винятком наступного: (рівень AA);

- великий текст: широкомасштабний текст і зображення великомасштабного тексту мають коефіцієнт контрастності не менше 3:1;

- винятки: текст або зображення тексту, що входять до складу неактивного компонента інтерфейсу користувача, тобто є чистими

прикрасами, які не видно нікому, або які є частиною зображення, що містить значний інший візуальний зміст, не мають вимоги контрасту;

- логотипи: текст, який є частиною логотипу або назви бренду, не має мінімального рівня контрастності.

Покращені стандарти контрастності:

- контрасти (покращені): візуальне представлення тексту та зображень тексту має коефіцієнт контрастності не менше 7:1, за винятком наступного: (рівень AAA);

- великий текст: широкомасштабний текст і зображення великомасштабного тексту мають коефіцієнт контрастності не менше 4,5:1;

- винятки: текст або зображення тексту, що входять до складу неактивного компонента інтерфейсу користувача, тобто є чистими прикрасами, які не видно нікому, або які є частиною зображення, що містить значний інший візуальний зміст, не мають вимоги контрасту;

- логотипи: текст, який є частиною логотипу або назви бренду, не має мінімального рівня контрастності.

## 2. Запобігання використанню небезпечних комбінацій кольорів.

Треба пам'ятати, що для різного виду дальтонізму певна частина спектра здається їм ахроматичною. Для протанопа ця область між 480 і 495 нм, для дейтеранопа – між 495 та 500 нм. Тританопа, що рідко зустрічаються, плутають жовтий колір і синій. Синьо-фіолетовий край спектру здається їм ахроматичним – як перехід від сірого до чорного. Область спектру між 565 і 575 нм тританопа також сприймають як ахроматичний. Тож в дизайні не можна використовувати подібні колірні комбінації.

Побачити видимий спектр без зорового дефекту та ахроматичні частини видимого спектру для дейтеранотопії, протанопії та тританопії можна на рис. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 відповідно. Сірим кольором виділені найпроблемніші місця, блідим – кольори, які можуть бути трохи інакші, ніж у спектрі без дефекту.



Рисунок 2.2 – Видимий спектр зорового апарату без дефекту



Рисунок 2.3 – Видимий спектр з дейтеранопією



Рисунок 2.4 – Видимий спектр з протанопією



Рисунок 2.5 – Видимий спектр з тританопією

### 3 СУЧАСНІ СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ ВАД КОЛІРНОГО ЗОРУ КОРИСТУВАЧІВ

Розглянемо існуючі кроки щодо усунення проблем дальтонізму в проєктах. Світовий досвід з розв'язання завдань створення інтерфейсів додатків для дальтоніків дозволяє виділити кілька корисних підходів [13].

#### 1. Цілеспрямований вибір палітри.

Якщо проєкт новий, та в нього немає фірмових кольорів, то можна одразу обрати одну з безлічі різних 8- і 15-кольорових палітр для дальтонізму. Підібрати кольори можна виходячи з доступних RGB зон для кожного з типу дальтонізму. Зробити це можна також на сайті системи Adobe, або на інших схожих за функціоналом.

Ахроматична зона для дейтеранотопа у RGB системі розташовується від  $(255,0,0)$  до  $(0,255,255)$ , що можна побачити на рис. 3.1.

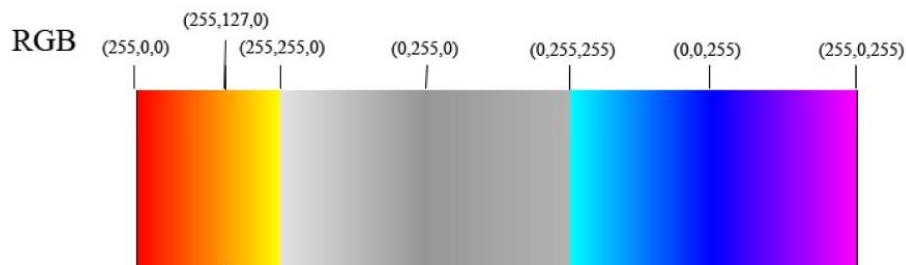


Рисунок 3.1 – Ахроматична частина кольорів у RGB системі для дейтеранопа

Ахроматична зона для протанотопа у RGB системі знаходиться від  $(255,0,0)$  до  $(255,255,0)$  та від  $(150,0,255)$  до  $(255,0,255)$ , що можна побачити на рис. 3.2.

Ахроматична зона для тританопа у RGB системі розташовується від  $(0,255,255)$  до  $(255,0,255)$ , що можна побачити на рис. 3.3.

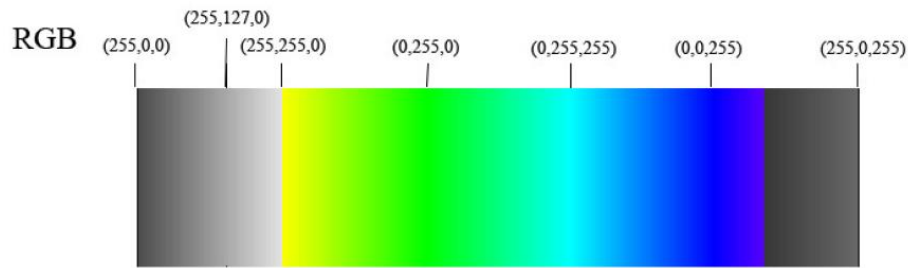


Рисунок 3.2 – Ахроматична частина кольорів у RGB системі для протанопа

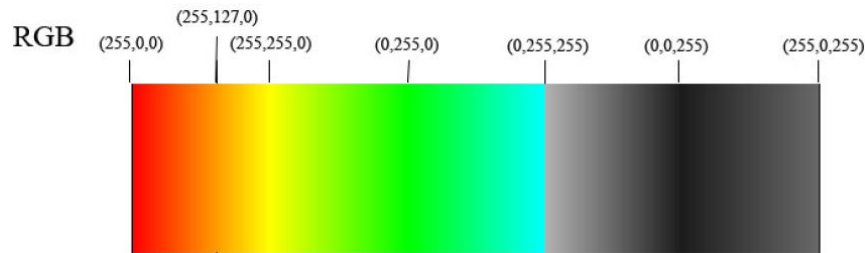


Рисунок 3.3 – Ахроматична частина кольорів у RGB системі для тританотопа

## 2. Вибір колірної рішення.

Як вже буди визначено раніше, дальтоніку зручніше спиратися на контраст кольорів, ніж на їх розмаїття. При розробці проектів необхідно продумати всі можливості використання контрасту для того, щоб покращити сприйняття інформації інтерфейсу [14].

Кольори за контрастністю можна обрати як компліментарні або споріднені. Компліментарні – це кольори, які на кольоровому колі розташовуються один навпроти іншого. Компліментарні кольори можна обрати, виходячи із допустимого інтервалу кольорів, як показано на рис. 3.4. За RGB системою, наприклад, це кольори: (0,64,255) та (255,192,0).

Споріднені кольори – це різні відтінки одного кольорового тону. За контрастністю можна обрати кольори так, як продемонстровано на рис. 3.5. За RGB системою, наприклад, це кольори: (0,64,255) та (0,255,255).

## 3. Використання різних відтінків, а не кількох колірних тонів.

При роботі із розробкою дизайну для дальтоніків можна використовувати монохромну палітру, що передбачає використання декількох відтінків одного кольору, а не зовсім різних кольорів.

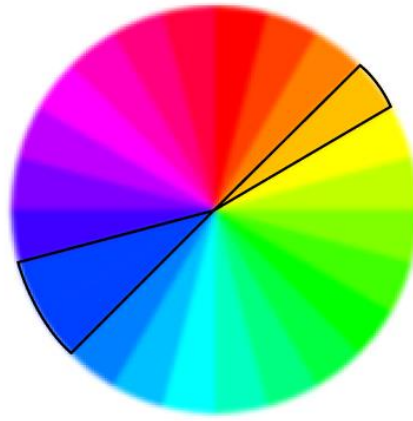


Рисунок 3.4 – Компліментарні кольори

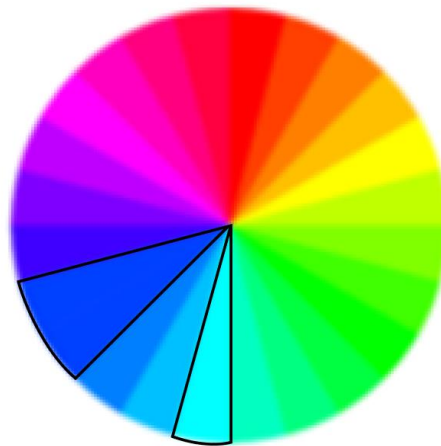


Рисунок 3.5 – Споріднені контрастні кольори

По-перше, це ефективно мінімізує невірне зчитування інформації, по-друге, додасть контрасту до роботи. Монохроматична палітра може бути не тільки чорно-білою, а ще можна включати особливий колір додатку. Приклади монохромних палітр можна побачити на рис. 3.6 та 3.7. RGB кодування розташовано поряд із кольором відповідно.

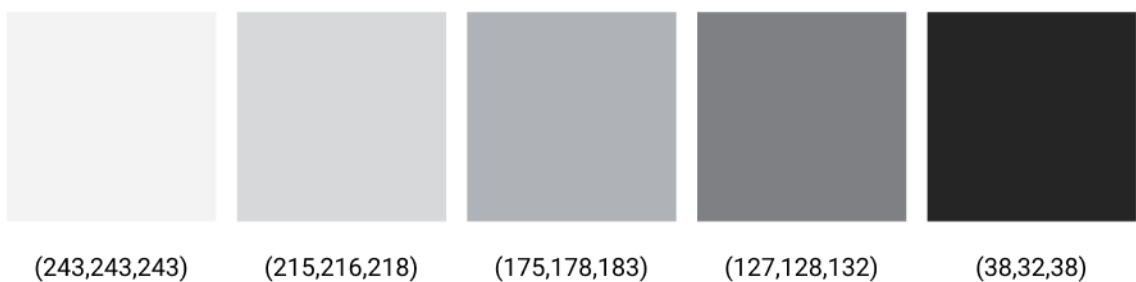


Рисунок 3.6 – Монохроматична чорно-біла палітра

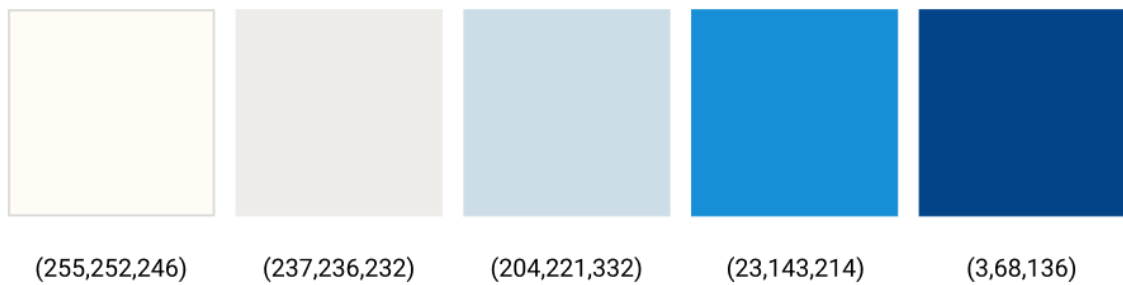


Рисунок 3.7 – Монохроматична синя палітра

#### 4. Розробка системи кольорового зображення.

При розробці додатку зрозуміло, що можуть виникнути помилки або успішні операції, які відповідь системи. Якимось чином треба ці відповіді відображати в інтерфейсі. Вони можуть виникнути просто під час роботи із додатком (помилка підгрузки даних), чи під час заповнення форм. При розробці елементів, що відображують відповіді системи, частіше за все використовують кольори за принципом асоціації: червоний – помилка, зелений – успішна операція, помаранчевий – небезпека, блакитний – інформативний. Людина без дефекту зорового апарату за цими кольорами зможе зрозуміти, що сталося із компонентом. Але людина із, наприклад, дейтеранопією (монохроматичним зеленим), не зможе відрізнити червоний від зеленим та вірно оцінити ситуацію на екрані.

Коли в інтерфейсі присутні такі елементи, то окрім кольору буде краще додати асоціативний символ, тобто іконку, символ, ярлик або дописати текстом, що сталося із компонентом інтерфейсу. Побачити приклади можна на рис. 3.8 та 3.9 [15].

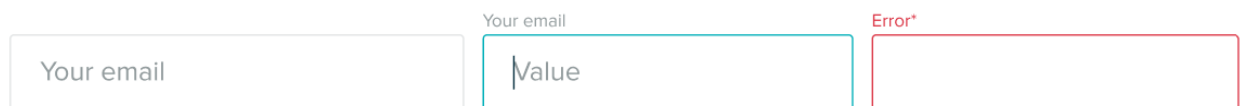


Рисунок 3.8 – Стани поля введення

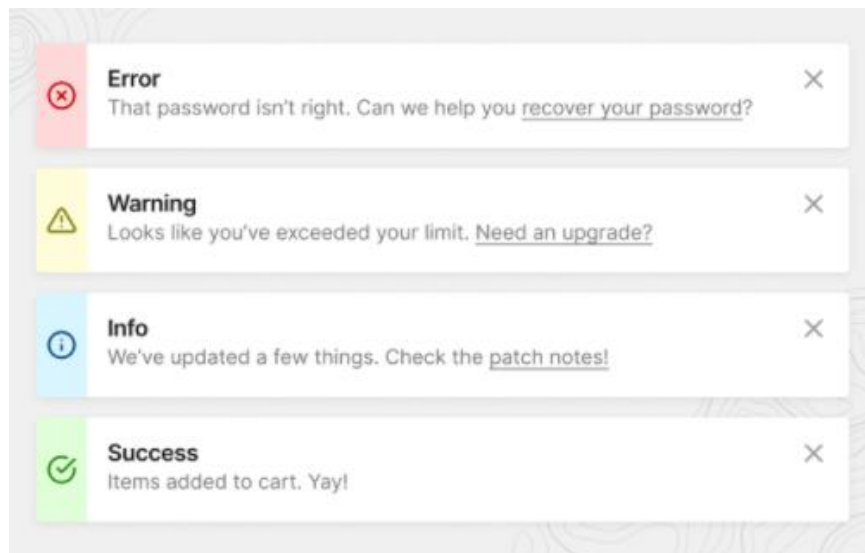


Рисунок 3.9 – Стани відповіді системи у вигляді тост компоненту

5. Використання інших інструментів у дизайні інтерфейсів, окрім кольору.

За допомогою кольору неможливо вирішити всі завдання інтерфейсу.

Будь-яке колірне позначення можна доповнити підписом або іконкою, щоб при спотворенні або навіть відсутності кольорів елемент зберігав свою функцію. Наприклад, при важкій формі протанопії людина втрачає здатність бачити червоний. Тоді виправлення форми ускладнюється, якщо дизайнер використав тільки червоний колір для вказівки на помилки. Хорошим рішенням буде доповнити колір підписом або графічним символом.

Іноді не зайвим буде доповнити інтерфейс візерунками і текстурами, щоб підкреслити контраст між елементами. Для заміни кольорів дальтоникам можна використовувати такі елементи інтерфейсу як графіки або інфографіка, текстури, візуальні візерунки.

Для прикладу розглянемо кругову діаграму (рис. 3.10). Користувачеві з дальтонізмом було б важко розрізнити різні фрагменти через занадто схожі кольори. Однак, якщо додати текстури або візерунки до сегментів, графік буде на 100% більш читабельним.

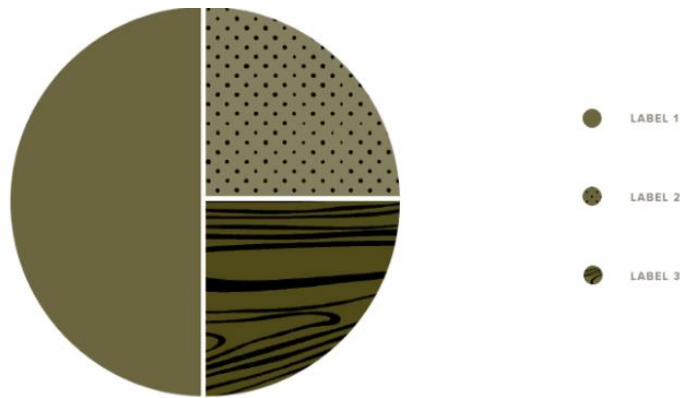


Рисунок 3.10 – Приклад кругової діаграми із текстурою

#### 6. Вибір шрифтів, які забезпечують максимальну розбірливість.

Окрім кольору при розробці фірмового стилю у додатку також використовується шрифт. Тон та настрій бренду можна задати завдяки тексту. Тож шрифт необхідно обирати разом із кольором.

По-перше, дуже важливо обрати гарнітуру, яка була б розбірлива. Вона може бути розбірлива за багатьма факторами: розмір, форма, ширина символу, візуальна вага, надстрокова та підстрокова довжина, контрастність штриха.

Важливо, щоб гарнатура мала різні типи накреслення. Наприклад, Montserrat має простий, жирний, полужирний, чорний, тонкий, ультра тонкий типи накреслення (рис. 3.11). Важливо, щоб гарнітура мала декілька жирних накреслень, бо саме вони легше читатимуться, бо колбочки відсканують їх колір краще завдяки більшій поверхні. Наприклад, на рис. 3.12 текст праворуч тонкий, тож його буде складно розібрати у великому обсязі навіть для користувачів без зорових дефектів, око сильно напружується, а через деякий час буде боліти.

Що стосується питання вибору шрифту із засічками чи без них, то тут діє правило, як для всіх користувачів. На екрані засічки виглядають як поміхи, які ускладнюють розбір тексту. Та при роботі із текстом без засічок необхідно пам'ятати про міжлітерну та міжстрогову відстань. На рис. 3.13 видно, як можуть зліпитися літери чи навпаки далеко розташуватися, що будуть читатися як окремі літери.

Thin	<i>Thin Italic</i>
Extralight	<i>Extralight Italic</i>
Light	<i>Light Italic</i>
Regular	<i>Italic</i>
Medium	<i>Medium Italic</i>
Semibold	<i>Semibold Italic</i>
<b>Bold</b>	<b><i>Bold Italic</i></b>
<b>Extrabold</b>	<b><i>Extrabold Italic</i></b>
<b>Black</b>	<b><i>Black Italic</i></b>

Рисунок 3.11 – Накреслення Montserrat

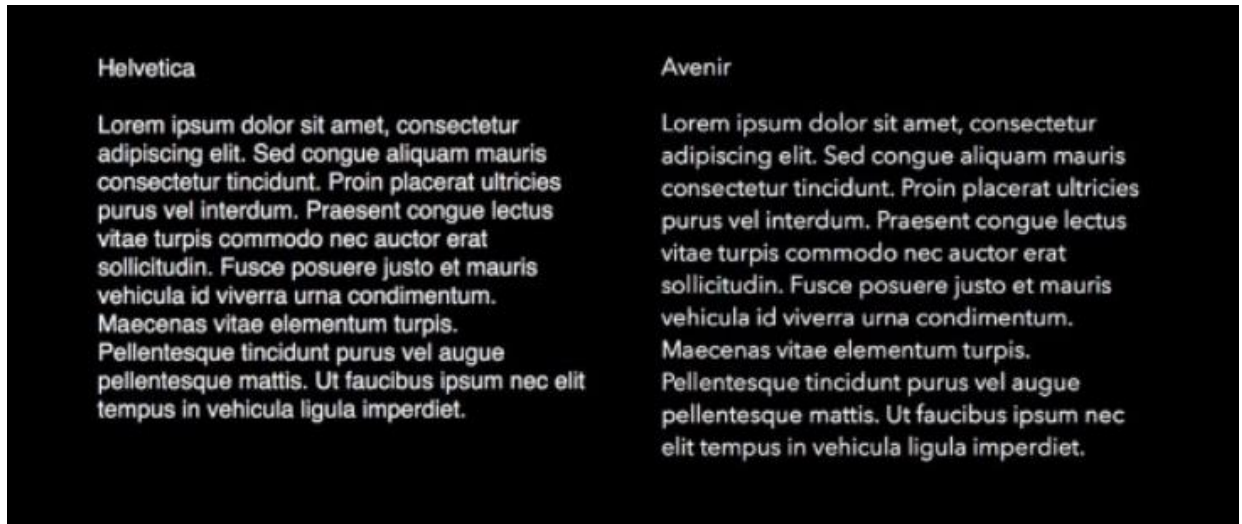


Рисунок 3.12 – Різниця накреслень у тексті

Р И Т М

Нодлись разваливается на отдельные буквы

РИТМ

Буквы слиплись

Р И Т М

Нормальный ритм

Рисунок 3.13 – Різні міжлітерні відстані у тексті

При підборі шрифту необхідно також мати уявлення про кольори та їх контрастність відносно фону. Тут діють всі правила, які були описані вище при підборі кольорів. Приклад вірно та невірно підібраних кольорів тексту та фону можна побачити на рис. 3.14.

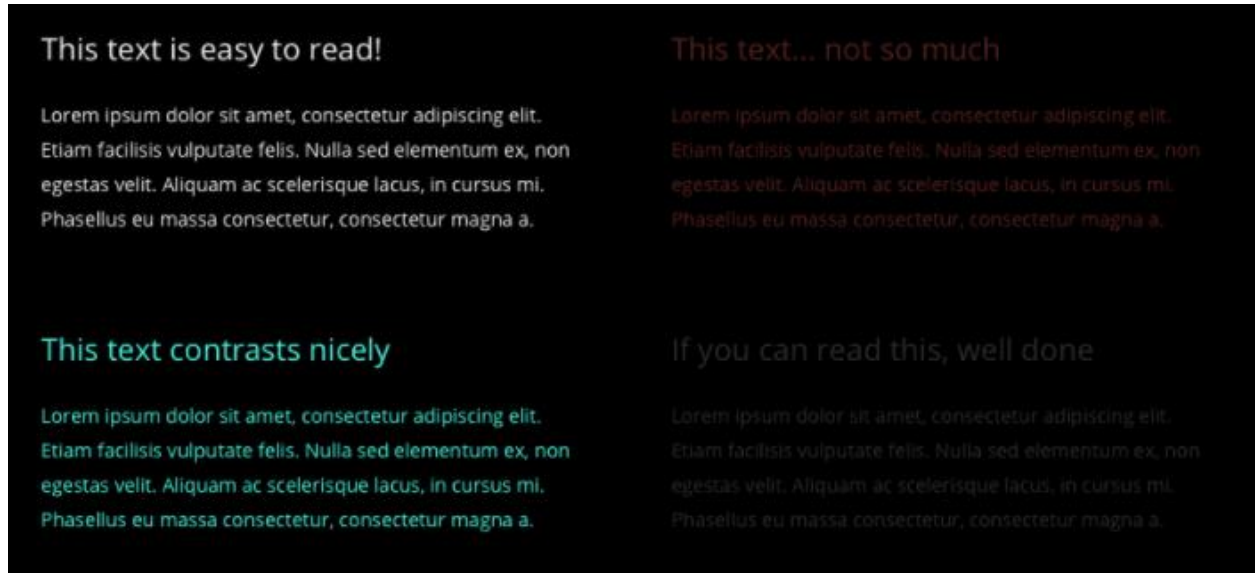


Рисунок 3.14 – Підібрані кольори фону та тексту

При використанні цих правил підбору тексту для дальтоніка, текст стане краще читатися й для людей без дефекту зорового апарату чи для людей із іншими зоровими проблемами.

## 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ COLORBLINED FRIENDLY МАКЕТУ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ

Для того, щоб проаналізувати додаток на контрастність чи сумісність кольорів, вже існує велика кількість ресурсів та функцій у популярних візуальних програмах. Розроблені рекомендації демонструються на прикладі програми Adobe Color.

### 4.1 Вибір кольорової схеми

Найважливішим етапом є підбір кольорової схеми. Саме від неї залежить робота людей із дальтонізмом та їх розуміння як працювати із інтерфейсам, аналізувати дані. Тут може бути 2 варіанта та їх вирішення:

а) додаток не новий, є свій фірмовий колір. На кольоровому колі (рис. 4.1) обрати фірмовий колір за номером, зберегти. Після цього перейти до вкладки Спеціальні можливості інструментів, обрати Безпечно для дальтоніків. Тут можна проаналізувати, як виглядатимуть кольори під різні типи дальтонізму, а також змінити ті, які не пройшли перевірку;

б) додаток новий, фірмового стилю немає. У цьому випадку можна повторити попередній підхід, але перед цим проаналізувати, який колір краще використовувати, як акцентний для різних типів. Вище у попередньому розділі на основі аналізу було встановлено, що таким кольором є синій. Окрім того, можна обрати монохроматичну палітру, яка матиме однаковий вплив на різні типи користувачів.

Необхідно пам'ятати про комбінації кольорів, які не можна використовувати поруч, що описані при роботі над проектом.

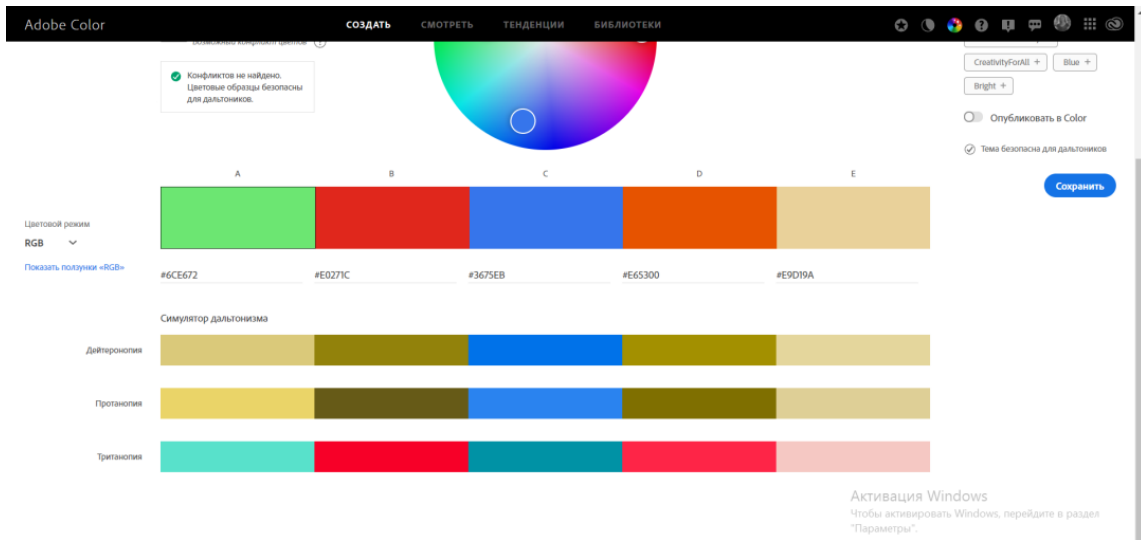


Рисунок 4.1 – Проверка кольорів у Adobe Color

## 4.2 Підбір шрифту й накреслення

Власно підібраний чи фірмовий шрифт слід також перевірити на те, щоб він добре читався та мав достатню контрастність із фоном. У програмі Adobe Color, у вкладці Спеціальні можливості, пункт Перевірка контрастності необхідно ввести колір тексту й фона. Тоді відобразиться значення коефіцієнту контрастності, а також повідомлення, чи є він достатнім та чи можливі кращі інші варіанти за тональністю кольорів (рис. 4.2).

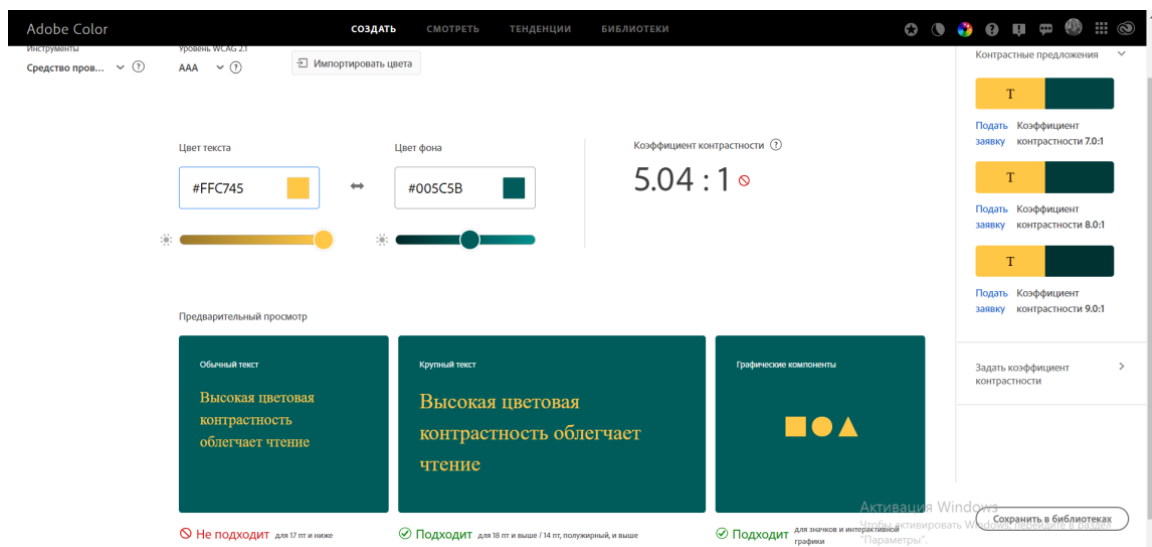


Рисунок 4.2 – Проверка контрастності тексту й фонy у Adobe Color

### 4.3 Розробка додаткових некольорових елементів й патернів

Як вже проаналізовано в ході роботи, колір не може вирішити всі проблеми й задачі інтерфейсу, тож необхідно розробити додаткові елементи, які зможуть підказати користувачеві, що відбувається на екрані.

Наприклад, дальтоніку буде важко орієнтуватися серед станів зеленого поля введення – перевірку пройдено, червоного – помилка, помаранчевого – застереження. Тож треба розробити іконки, які зможуть доповнити колір.

Окрім того, якщо у додатку є графіки, чи фони, за якими розрізняються елементи, то на них можна нанести додатково паттерни, які користувач вже й буде асоціативно розрізняти.

Іконки також необхідно перевірити за контрастністю на орієнтовних фонах.

### 4.4 Перевірка на контрастність елементів дизайну

Під час розробки дизайну, вже можна перевіряти частини додатку за контрастністю. Один із варіантів – Black & White режим у Adobe Photoshop. Таким чином можна визначити, в яких місцях мало контрасту, чи треба змінити колір, чи додати додаткових елементів.

### 4.5 Перевірка дизайну з експертами

Як відомо, жива людина має свої відмінності від зазначених вже кольорових схем для дальтоніків, тож окрім механічної перевірки ще добре мати своїх незалежних експертів із різними типами дальтонізму.

Для цього необхідно, по-перше, зібрати існуючі скріншоти додатку, або за можливістю надати додаток, створити таблицю із запитаннями, а після провести опитування окремо для кожного. Перед роботою пояснити принцип

оцінювання. Для даної роботи можна ввести числову шкалу для оцінювання: 0 – не підходить зовсім для дальтоніків, 10 – максимально підходить. Приклад таблиці для оцінювання можна побачити у табл. 4.1:

Таблиця 4.1 – Приклад таблиці для визначення висновків експертів з якості мобільного додатку

Вивчаєме Місце	Оцінка	Коментарі
Використання кольорів поряд		
Стан сторінок помилки		
Стан сторінок пусті		
Стан сторінок немає даних		
Стан полів введення помилка		
Стан полів введення успіх		
Стан полів введення немає даних		
Графічні дані		

#### 4.6 Перевірка екрану на контрастність у Adobe Photoshop

Для того, щоб проаналізувати, чи достатня контрастність додатку, необхідно обрати Image → Adjustment → Black & White (рис. 4.3). У вікні, що з'явилося, можна побачити налаштування кольорів, а саме зображення перетвориться в чорно-біле. Таким чином можна вирішити проблемні місця із схожими кольорами поруч.

#### 4.7 Перевірка контрастності тексту та іконок на фоні, отримання можливих поліпшень

На сайті [color.adobe.com](http://color.adobe.com) та у вкладці Спеціальні можливості можна внести кольори додатку, побачити наскільки високий коефіцієнт контрастності, яким кольором можна замінити, наскільки контрастним виглядатиме текст та у якому накресленні, а також чи будуть іконки мати достатній контраст (рис. 4.4).

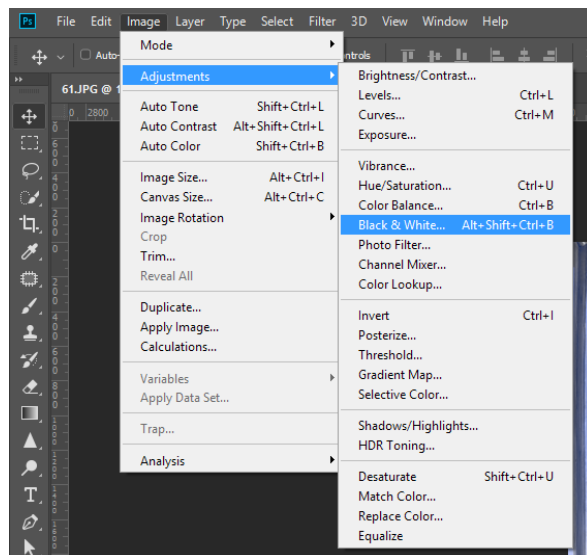


Рисунок 4.3 – Налаштування у Adobe Photoshop

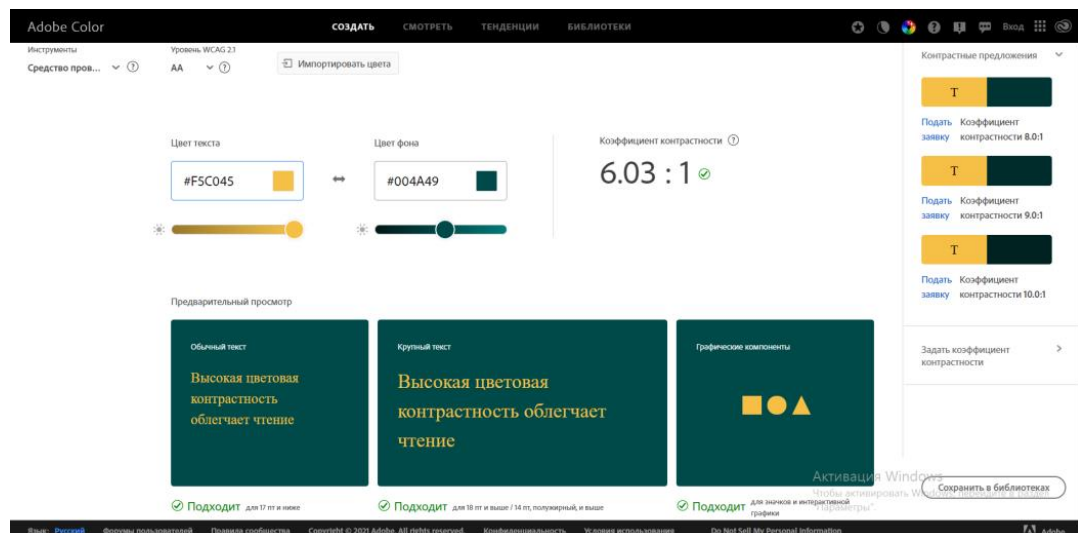


Рисунок 4.4 – Визначення контрастності тексту та іконок у Adobe Color

Окрім цього, на сайті можна самостійно підібрати палітру із декількох кольорів, а програма визначить, в яких кольорах замало контрастності та запропонує, який інший відтінок це виправить.

#### 4.8 Процес проектування colorblinded friendly макету мобільного додатку

Дизайн інтерфейсу є одним з найважливіших етапів розробки будь-якого додатку. Він є фундаментом, завдяки якому користувач вирішить залишатися йому на сторінці чи ні.

Це твердження працює також й для мобільних додатків. Для того, щоб розробити макет, необхідно пройти декілька етапів проектування, щоб у кінцевому варіанті отримати гарний, логічно продуманий й структурований мобільний додаток.

У наш час необхідно також пам'ятати про те, що додатком можуть користуватися також й дальтоніки. Щоб такому користувачеві було зручно, можна додати до етапів особливі перевірки та рекомендації, які наведені у етапах нижче.

#### 4.8.1 Визначити мету, задачі, цільову аудиторію

Від того, які дані прийшли до дизайнера, залежить весь подальший вигляд додатку. Частіше за все дизайнеру до початку проекту надається документація, де замовник надає такі дані як мета проекту, які задачі має виконувати додаток, а також яка аудиторія (які персони), будуть користуватися додатком, які дані найцікавіші для майбутніх користувачів.

Тільки після рішення всіх цих питань, можна приступити до наступних етапів.

#### 4.8.2 Проектування структури додатку

Коли було визначено задачами майбутнього додатку, дизайнер може приступити до розробки структури. Структура надасть розуміння, які сторінки, вкладки повинні бути, які інформаційні блоки будуть міститися. Також на цьому етапі можна визначитися із навігацією сайту. Необхідно пам'ятати, що мобільний додаток використовується у дорозі, чи коли немає доступу до десктопної версії. Тож структура для мобільних пристроїв повинна буди простою й логічно зрозумілою.

### 4.8.3 Розробка вайрфреймів

Візуальна презентація інтерфейсу починається із вайрфреймів. Вайрфрейм – це набросок екранів додатку, завдяки яким можна швидко розробити версії флоу, перевірити їх із замовником чи розробниками.

Найпопулярніші типи вайрфреймів є скетчинг та розробка у спеціалізованих додатках. Скетчинг дозволяє намалювати, наприклад, флоу на папері й швидко зрозуміти, краще розмістити інформаційні блоки. При розробці у спеціальних додатках можна вільно користуватися готовими бібліотеками компонентів, кольорів, шрифтів та не витратити на цьому етапі необхідний час.

Для розробки низкодеталізованих макетів для мобільних додатків необхідно обрати саме артборд мобільного пристрою, для того щоб, по-перше, пам'ятати про всі частини пристрою (кнопки, камери), а по-друге, орієнтуватися на розміри та заповнення контентом, яке можна буде на наступному етапі використати знову.

Цей етап неможна пропускати, бо на ньому за невеликий проміжок часу дизайнер може знайти якісь невирішені питання, обговорити із замовником та виправити їх. Також на цьому етапі колір не відволікає від основної задачі, тож на ньому можна зробити такі візуальні акценти, які на наступному етапі дозволять краще розробити макет, який буде підходити й для користувачів із дальтонізмом.

### 4.8.4 Розробка дизайнів макету

По перше для того, щоб розуміти як розробляти макет, необхідно визначитися із кольоровою палітрою та шрифтовими рішеннями. Тут можуть бути 2 варіанти:

- а) у організації вже є свій фірмовий колір та шрифт;
- б) у організації ще немає фірмових атрибутів.

У першому випадку для того, щоб обрати додаткові кольори, можна спиратися на сайти, які допомагають визначити цілу палітру, яка буде підходити до основного кольору. Для другого варіанту можна обрати кольори, які краще за все використовувати для різних типів дальтонізму, а також використовувати його як акцентний.

Що стосовно гарнітури шрифту, в обох випадках треба перевірити розмір, накреслення тексту у поєднанні із кольорами з палітри.

При розробці макету або при його редизайні, треба розробити пакет необхідних іконок. Визначити які саме у першу чергу знадобляться іконки можна за попереднім етапом. Необхідно визначитися із стилістикою, колірною логікою візуальних елементів.

Коли вже підібрані кольори, гарнітура, розроблені іконки, можна приступати до розробки дизайнів. Необхідно визначитися із модульною сіткою для макету. Так як і для простих десктопних інтерфейсів, краще використовувати 12-ти колоночну та квадратну сітки для гарного візуального вертикального й горизонтального ритму. Так як мобільні додатки кратні 2-ці, то для кліткової сітки краще взяти розміри квадрату 4 на 4.

Розробляти дизайни мобільних додатків треба для двох операційних систем: Android та IOS. Необхідно визначитися, які найпопулярніші мобільні пристрої на момент розробки, та обрати розмірі для макету за ними.

Необхідно пам'ятати про гарячі зони мобільних додатків, та не ставити важливий функціонал до важкої для користувачів зони (рис. 4.5), а також про мінімальний розмір контролю (35 пікселів) для того, щоб було зручно на нього натискати.

Після підбору модульної сітки та розмірів екрану, можна розробляти макет. Він розробляється за вже існуючими вайрфремами, тож необхідно лише розставити елементи, текст, як затверджено із замовником.

Час від часу необхідно перевіряти макет на контрастність, щоб всі елементи добре розгледівалися користувачами із дальтонізмом. Це можна зробити, перевівши макет у чорно-білий режим, після чого виправити проблемні місця.

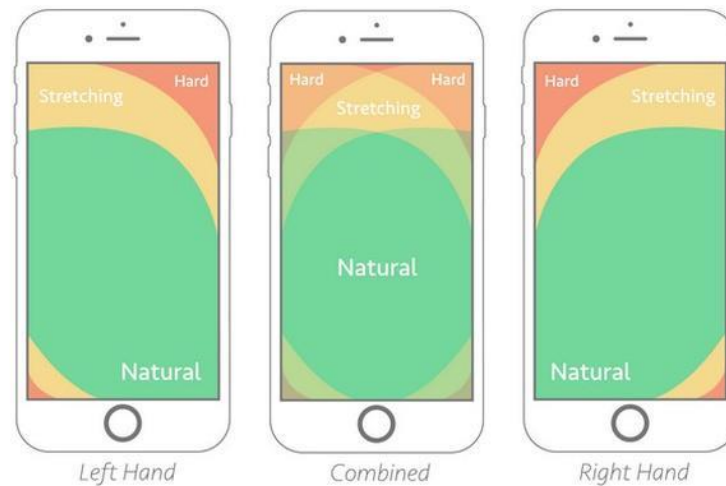


Рисунок 4.5 – Зони користування мобільними пристроями

#### 4.8.5 Тестування дизайнів макету

Після того, як макет було розроблено, його треба протестувати із цільовою аудиторією.

При тестуванні збирається група людей, яка попередньо перевірила прототип. Прототип – це зазвичай клікабельна послідовність екранів, за якими можна пройти по функціоналу. Для мобільних додатків слід використовувати макет самого мобільного пристрою для презентації. Експерт із тестування запитує у групи, чи не було проблем із основним функціоналом, а також якимись кольоровими рішеннями. На цьому етапі також можна дізнатися про частини додатку, які не працюють для користувачів із дефектом зору.

Якщо будь-які проблеми чи питання з’являються, то макет передається на етап назад, якщо ні – макет переходить до останнього етапу.

#### 4.8.6 Підготовка макету для розробників

Останній етап дизайнера над роботою – передача візуальних характеристик та компонентів розробникам.

У наші часи існують додатки та сайти, на яких можна подивитися кольори, розміри вже у вигляді коду. Але окрім цього краще додатково розробити бібліотеку зі всіма комплектуючими елементами дизайнів для того, щоб розробники краще й швидше орієнтувалися при кодуванні.

Всі ілюстративні компоненти необхідно експортувати та покласти у місце загального доступу працівниками над проектом.

Узагальнено схему процесу розробки color friendly інтерфейсу мобільного додатку представлено на рис. 4.6.

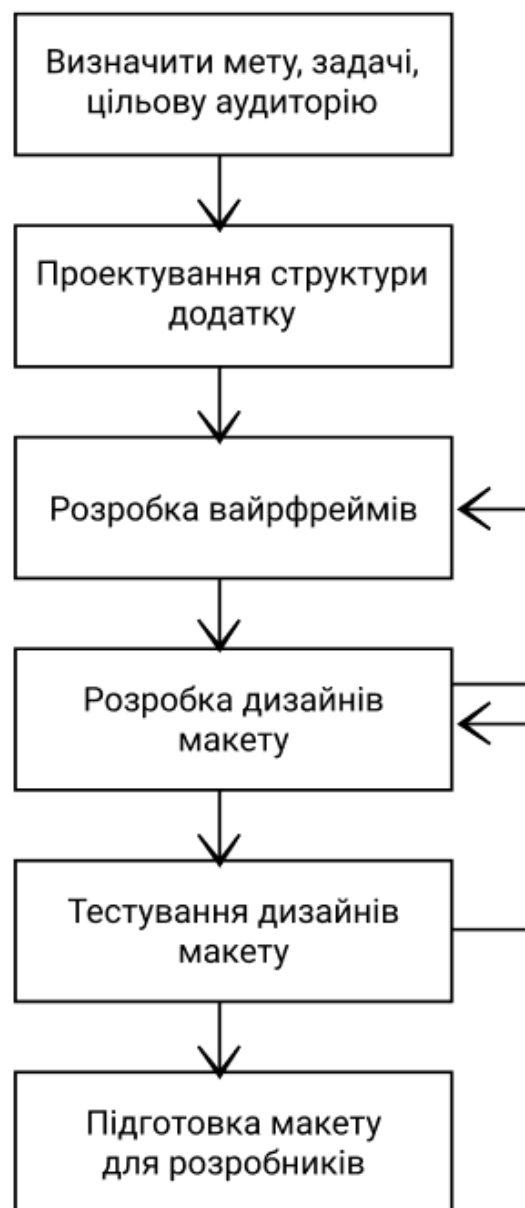


Рисунок 4.6 – Схема процесу розробки макету

## 5 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 5.1 Розробка візуального рішення додатку за запропонованою методикою

Для дослідження та переробки було обрано додаток із ресурсів інтернету: Daylio. Редизайн для дальтоніків було розроблено за висунутими рекомендаціями, описаними у роботі.

Для того, щоб розробити редизайн проблемних місць додатку, було вирішено обрати Figma. Figma – спеціалізована онлайн програма для розробки веб-дизайну та прототипування. Онлайн інструмент ідеально підходить для створення макетів та необхідних для них елементів. У Figma можна працювати безкоштовно у браузері, але також сервіс має десктопну програму, де користувач може додати необхідні шрифти, чи підключити плагіни також безкоштовно. Має простий інтерфейс та велику кількість функцій (рис. 5.1).

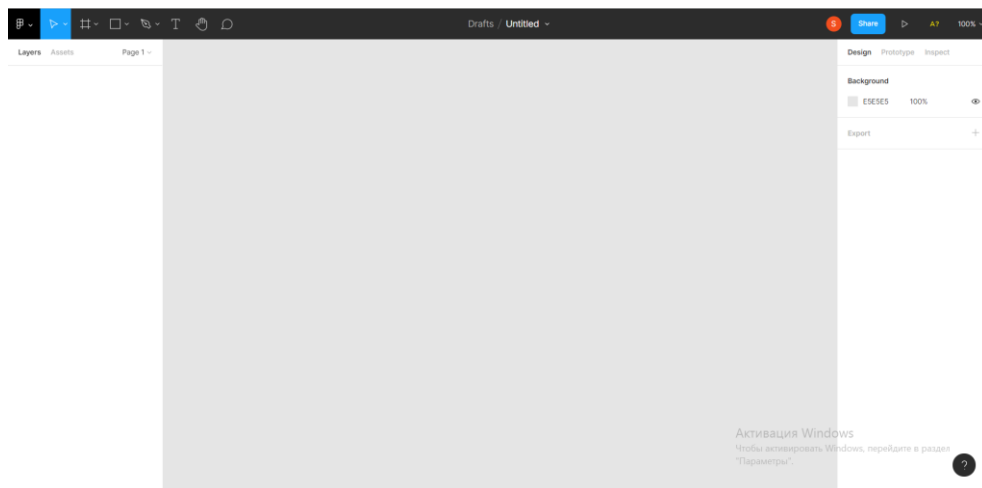


Рисунок 5.1 – Інтерфейс Figma

Досліджуваний додаток має велику різноманітність кольорових рішень та комбінацій, тож він досить складний зараз для людей із дальтонізмом. На

рисунках нижче наведені проблемні місця додатку (ліворуч) та спосіб їх вирішення (праворуч).

На рис. 5.2 надані палітри, які може обрати користувач для свого додатку. Але як з'ясувалось, експертам були не зрозумілі більшість з палітр, особливо специфічні два кольори у кожній з палітр. Тож, як рішення цієї проблеми, була надана можливість самостійно обирати кольори.



Рисунок 5.2 – Визначення контрастності тексту та іконок у Adobe Color

На рис. 5.3 зображений графік, на якому можна проаналізувати настрій користувача. Через те, що палітри надані у додатку, не зовсім підходять дальтонікам, було вирішено розмістити легенди ближче до частин графіку.

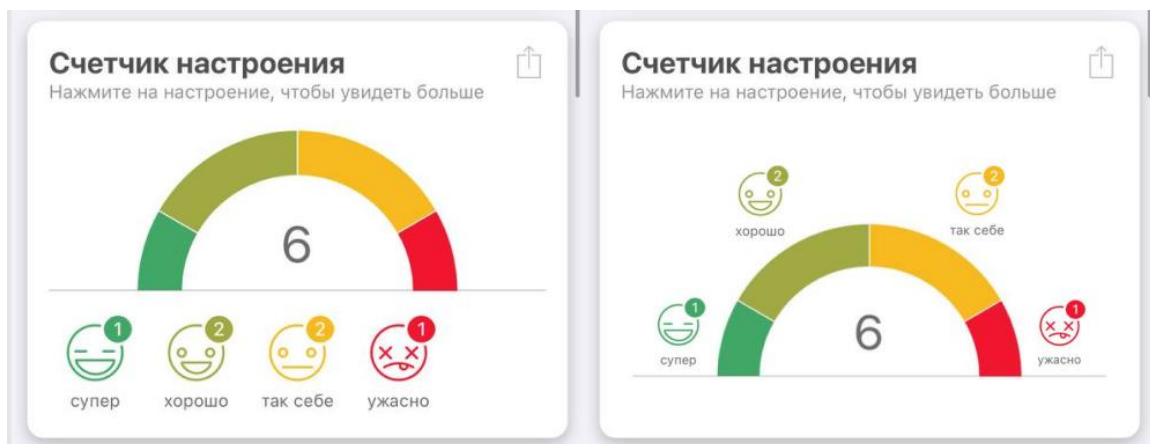


Рисунок 5.3 – Зміна розташування легенд у варіантах дизайну

На наступному графіку (рис. 5.4) лінія змінює колір згідно позиції, на деяких участках колір може не розрізняватися із фоном чи лініями графіку. Тут було вирішено збільшити товщину лінії та зробити одним незалежним кольором. Розподіл лінії за кольорами не виправданий, бо ліворуч на осі є допоміжна легенда.

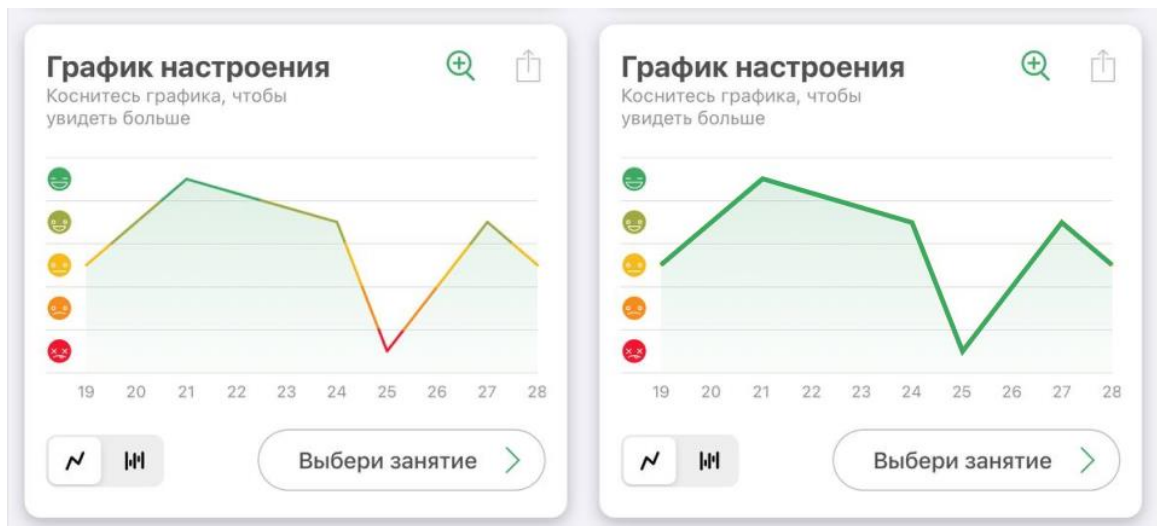


Рисунок 5.4 – Зміна товщини та кольору лінії графіку у варіантах дизайну

На рис. 5.5 користувач може переглянути статистику на календарі. Для того, щоб покращити спостереження даних, було додано паттерни.

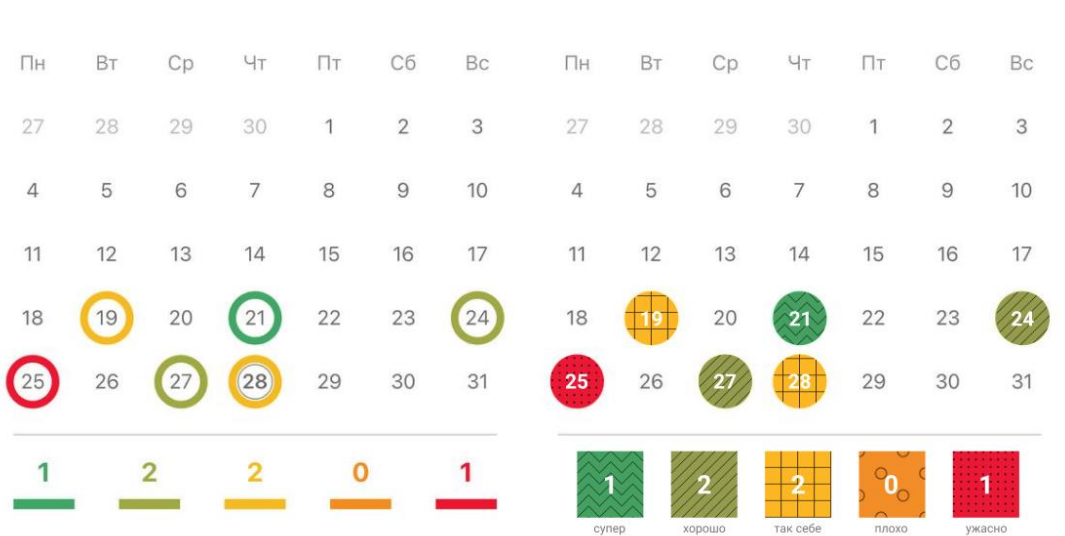


Рисунок 5.5 – Зміна графічного подання відміток у календарі в варіантах дизайну

## 5.2 Експертне оцінювання результатів редизайну додатку

Для даної роботи було знайдено 2 експерти із дейтеранопією та протанопією. Перевірка додатків виконувалася окремо, для того, щоб уникнути співпадіння відповідей. Було надано додаток, який експерти

самостійно роздивилися та проаналізували, а потім було надано скріншоти з вирішеними проблемними місцями.

По-перше, необхідно затвердити перелік питань, за якими експерти будуть оцінювати варіанти дизайну до та після переробки. Необхідно оцінити ступені узгодження вирішень експертів (табл. 5.1) [16].

Таблиця 5.1 – Вага критеріїв для порівняння варіантів дизайну додатку

Критерії	Ранги, визначені експертами		Середній ранг	Вага критерію $\omega_k$
	1-ий експерт	2-ий експерт		
Використання кольорів поряд	1	1	1	0,067
Стан сторінок пусті	5	4	4,5	0,3
Стан сторінок немає даних	4	5	4,5	0,3
Стани полів введення	3	3	3	0,2
Графічні дані (графіки різного виду)	2	2	2	0,13

За колонкою «Середній ранг» визначено, що сума середніх рангів дорівнює 15.

Вага критерієв розраховується як відношення середнього рангу до суми середніх рангів. Для оцінки узгодженості двох експертів використовується коефіцієнт рангових кореляцій Спірмена ( $\rho$ ). Для обчислення використовується формула [16]:

$$\rho = \frac{6 \sum_{i=1}^m (x_{ij} - x_{ik})^2}{m(m^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m d_i^2}{m(m^2 - 1)}, \quad (5.1)$$

де  $m$  – кількість пар, які порівнюються, величини двох змінних.

Значення різниці оцінок і її квадрата приведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Значення різниці оцінок і її квадрата

Критерії	Ранги, визначені експертами		$d_i$	$d_i^2$
	1-ий експерт	2-ий експерт		
Використання кольорів поряд	1	1	0	0
Стан сторінок пусті	5	4	1	1
Стан сторінок немає даних	4	5	1	1
Стани полів введення	3	3	0	0
Графічні дані (графіки різного виду)	2	2	0	0
			$\sum_{i=1}^m d_i^2$	2

Тож, за цими даними знайдено значення коефіцієнту Спірмена:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot 2}{5(5^2 - 1)} = 1 - 0,1 = 0,9.$$

Значення коефіцієнту Спірмена лежать в інтервалі  $[-1;1]$ , чим вони ближчі до 1, тим вища узгодженість експертів. У даному випадку узгодженість є високою.

Тепер за обраними критеріями експерти оцінювали додаток до та після переробки. Результати оцінювання наведені в табл. 5.3 – 5.7.

Критерій 1 – «Використання кольорів поряд»:

Таблиця 5.3 – Оцінка двох варіантів дизайну додатку за критерієм 1

Експерти/ Альтернативи	1	1 норм.	2	2 норм.	Строкові суми оцінок	Відносні ваги альтернатив $\omega_{a1}$	Середньоквадра- тичні відхилення
До	5	0,34	3	0,23	0,57	0,28	0,078
Після	10	0,67	10	0,76	1,43	0,71	0,064

Нормоване значення розраховується як відношення оцінки експерта до суми оцінок одного експерта.

Загальна сума оцінок  $\sum_{\text{загальне}}$  дорівнює 2.

Середньоквадратичні відхилення розраховуються за формулою [16]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_e)^2}{n-1}}, \quad (5.2)$$

де  $X_j$  та  $\bar{X}_e$  різниця між першим та другим нормованим значеннями та відносною вагою альтернатив відповідно.

Для оцінки узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт варіації за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}_e}, \quad (5.3)$$

$$V_1 = \frac{0,078}{0,28} = 0,2, \quad V_2 = \frac{0,064}{0,71} = 0,09.$$

При  $V \leq 0,2$  узгодженість думок експертів вважається гарною.

Такі підрахунки проведено для інших 4 критеріїв.

Критерій 2 – «Стан сторінок пусті»:

Таблиця 5.4 – Оцінка двох варіантів дизайну додатку за критерієм 2

Експерти/ Альтернативи	1	1 норм.	2	2 норм.	Строкові суми оцінок	Відносні ваги альтернатив $\omega_{a2}$	Середньоквадра- тичні відхилення
До	7	0,42	6	0,38	0,8	0,4	0,028
Після	10	0,58	10	0,62	1,2	0,6	0,028

Загальна сума оцінок  $\sum_{\text{загальне}}$  дорівнює 2.

Для оцінки узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт варіації за (5.3):

$$V_1 = \frac{0,028}{0,4} = 0,07, V_1 = \frac{0,028}{0,6} = 0,04.$$

Узгодженість експертів гарна.

Критерій 3 – «Стан сторінок немає даних»:

Таблиця 5.5 – Оцінка двох варіантів дизайну додатку за критерієм 3

Експерти/ Альтернативи	1	1 норм.	2	2 норм.	Строкові суми оцінок	Відносні ваги альтернатив $\omega_{a3}$	Середньоквадра- тичні відхилення
До	8	0,48	8	0,45	0,93	0,47	0,022
Після	9	0,52	10	0,55	1,07	0,53	0,022

Загальна сума оцінок  $\sum_{\text{загальне}}$  дорівнює 2.

Для оцінки узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт варіацій за (5.3):

$$V_1 = \frac{0,022}{0,47} = 0,04, V_1 = \frac{0,022}{0,53} = 0,04.$$

Узгодженість експертів гарна.

Критерій 4 – «Стани полів введення»:

Таблиця 5.6 – Оцінка двох варіантів дизайну додатку за критерієм 4

Експерти/ Альтернативи	1	1 норм.	2	2 норм.	Строкові суми оцінок	Відносні ваги альтернатив $\omega_{a4}$	Середньоквадра- тичні відхилення
До	7	0,44	8	0,45	0,89	0,45	0,01
Після	9	0,56	10	0,55	1,11	0,55	0,01

Загальна сума оцінок  $\sum_{\text{загальне}}$  дорівнює 2.

Для оцінки узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт варіацій за формулою (5.3):

$$V_1 = \frac{0,01}{0,45} = 0,02, V_1 = \frac{0,01}{0,55} = 0,01.$$

Узгодженість експертів гарна.

Критерій 5 – «Графічні дані (графіки різного виду)»:

Таблиця 5.7 – Оцінка двох варіантів дизайну додатку за критерієм 5

Експерти/ Альтернативи	1	1 норм.	2	2 норм.	Строкові суми оцінок	Відносні ваги альтернатив $\omega_{a5}$	Середньоквадра- тичні відхилення
До	5	0,35	4	0,29	0,64	0,32	0,042
Після	9	0,65	10	0,71	1,36	0,68	0,042

Загальна сума оцінок  $\sum_{\text{загальне}}$  дорівнює 2.

Для оцінки узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт варіацій за формулою (5.3):

$$V_1 = \frac{0,042}{0,32} = 0,13, V_1 = \frac{0,042}{0,68} = 0,06.$$

Узгодженість експертів гарна.

Після цього було розраховано рейтинги двох варіантів дизайну (до та після переробки). Формула для розрахунку така:

$$P_m = \omega_{k_1} \cdot \omega_{a1_m} + \dots + \omega_{k_5} \cdot \omega_{a5_m}. \quad (5.4)$$

Таким чином рейтинг проекту до редизайну дорівнює 0,41, а після 0,6.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Характеристика науково-дослідного рішення

У ході роботи над економічною частиною необхідно обґрунтувати економічну доцільність витрат для проведення НДР (науково-дослідної роботи) з дослідження розробки colorblinded friendly макету мобільного додатку.

При економічному обґрунтуванні буде розраховано заробітну плату працівникам, трудовитрати, одноразові витрати, податок [17].

Для реалізації НДР було розроблено ряд етапів, таких як: дослідження та аналіз типів дальтонізму, розробка рекомендацій щодо створення дизайну, переробка існуючого додатку, експеримент для перевірки доцільності дослідження.

Розробка такої НДР дозволить:

- краще проаналізувати та дослідити ринок користувачів;
- зменшити час на аналіз та розробку макетів дизайну також для людей з особливістю зорового апарату.

### 6.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

Під час виконання науково-дослідної роботи було досліджено які типи дальтонізму існують, які проміжки кольорів здаються ахроматичними для кожного с типів, також проаналізовано існуючі рекомендації щодо розробки макету для користувачів із кольоровою сліпотою. На базі досліджених даних були зібрані власні рекомендації, застосовані на макеті та перевірені на експертах. У результаті робота була підкріплена експериментальним методом.

Саму роботу над проектом можна розділити на три етапи: підготовчий, основний та заключний.

До підготовчого етапу входять саме дослідницькі етапи, тобто вивчення типів дальтонізму та доступних кольорових зон, аналіз додатків, які позиціонуються як colorblinded friendly.

До основного етапу входять такі задачі:

- розгляд існуючих рекомендацій для розробки colorblinded friendly дизайну;
- розробка власних рекомендацій;
- відбір додатку для переробки;
- застосування рекомендацій на обраному додатку;
- перевірка макету з експертами;
- розрахунок отриманих оцінок.

На заключному етапі виконуються аналіз результатів НДР, складання звіту з роботи, захист звіту.

Найвідповідальнішою частиною при роботі із НДР є розрахунок трудомісткості. Трудові витрати у більшій кількості випадків складають основну частину вартості роботи та впливають на строки розробки.

Для виконання науково-дослідницької роботи необхідно залучити 4 працівника:

- UI/UX дизайнер – 1 особа, заробітна плата 25 000 грн/міс.;
- copywriter – 1 особа, заробітна плата 20 000 грн/міс.;
- експерти (учасники тестування) – 2 особи, заробітна плата 9 000 грн/міс.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ( $Z_{ср.дн.}$ ) розраховується:

$$Z_{ср.дн.} = \frac{Z_{ср.міс.}}{n}, \quad (6.1)$$

де  $Z_{ср.дн.}$  – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

$n$  – число робочих днів у місяці, ( $n=22$ ).

Середньоденна заробітна плата UI/UX дизайнера складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{25000}{22} = 1136,36 \text{ (грн).}$$

Середньоденна заробітна плата copywriter'а складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{20000}{22} = 909,09 \text{ (грн).}$$

Середньоденна заробітна плата експерта складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{9000}{22} = 409,09 \text{ (грн).}$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати працівників

Перелік робіт	Виконавець		Трудоміст- кість робіт, люд.-днів	Середньо- денна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
	N	посада			
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	UI/UX дизайнер	2	1136,36	2272,72
1.2 Підготовка довідкових матеріалів та даних для виконання НДР	1	UI/UX дизайнер	2	1136,36	2272,72
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	UI/UX дизайнер	1	1136,36	1136,36
2.2 Розгляд типів дальтонізму	1	UI/UX дизайнер	5	1136,36	5681,8
2.3 Розгляд існуючих рекомендацій розробки макету	1	UI/UX дизайнер	3	1136,36	3409,08

## Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6
2.4. Розробка власних рекомендацій	1	UI/UX дизайнер	3	1136,36	3409,08
2.5 Переробка проблемних місць обраного додатку	1	UI/UX дизайнер	2	1136,36	2272,72
2.6 Проведення експерименту	3	Експерти, UI/UX дизайнер	1	409,09 1136,36	1545,45
2.7 Обробка результатів дослідження	1	UI/UX дизайнер	2	1136,36	2272,72
3 Заключний					
3.1 Аналіз результатів	1	UI/UX дизайнер	1	1136,36	1136,36
3.2 Формування висновків	1	UI/UX дизайнер	1	1136,36	1136,36
3.3 Технічне оформлення звіту про виконання НДР	1	Соруwriter	3	909,09	2727,27
Усього					29272,64

Таким чином, сума витрат на заробітну плату в межах виконання НДР складе 29272,64 грн.

## 6.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв'язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції. Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (6.2)$$

де  $M$  – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

$Q_j$  – кількість використаних одиниць  $j$ -го виду матеріалів,  $j=(1 \div n)$ ;

$C_j$  – ціна одиниці  $j$ -го виду матеріалів.

У таблиці 6.2 представлений розрахунок матеріальних витрат.

Таблиця 6.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість, ( $Q_j$ )	Ціна ( $C_j$ ), грн	Сумарні витрати на матеріали ( $M$ ), грн
Ручки	уп.	1	58,00	58,00
Папір А4	уп.	2	120,00	240,00
Степлер	шт.	1	60,00	60,00
Скріпки	уп.	1	21,60	21,60
Заправка картриджу	шт.	1	250,00	250,00
Калькулятор	шт.	1	114,00	114,00
Усього				743,60

Виплати на заробітну плату розраховуються з кількості необхідних для даної роботи працівників та середньомісячної оплати кожному працівнику. Виходячи із підрахунку у таблиці 6.1, витрати на оплату праці – 29272,64 грн.

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) становить 22% від основної та додаткової заробітної плати:

$$29272,64 \cdot 0,22 = 6439,98 \text{ (грн).}$$

Тепер необхідно розрахувати інші витрати, до яких входять витрати на обслуговування ЕОМ і плата за електроенергію.

Під час виконання НДР застосовується обладнання, яке є власністю організації: ноутбук вартістю 17000 грн. та принтер вартістю 2000 грн.

На період виконання необхідно розрахувати суму амортизаційних відрахувань. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (6.3)$$

де  $AB$  – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідницької роботи;

$BO_k$  – вартість основних засобів  $k$ -го виду;

$TE_k$  – термін експлуатації основних засобів  $k$ -го виду, днів;

$T$  – термін науково-дослідницької роботи, днів;

$L$  – кількість видів обладнання.

Отже, за (6.3) величина амортизаційних відрахувань дорівнює:

$$AB = \frac{17000 \cdot 26}{730} + \frac{2000 \cdot 26}{730} = 676,71 \text{ (грн)}.$$

Для розрахунку витрат на електроенергію, враховувалися потужність пристрою та тариф на електроенергію.

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{кВт}, \quad (6.4)$$

де  $M$  – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

$T_{кВт}$  – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії;

$t$  – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи.

Ноутбук потужністю 0,11 кВт/год, а принтер 0,6 кВт/год. Тариф за електроенергію на даний час складає 1,68 грн. за 1 кВт/год.

Таким чином плата за електроенергію дорівнює за формулою 6.4:

$$Z_e = 0,11 \cdot 1,68 \cdot 208 \cdot 1 + 0,6 \cdot 1,68 \cdot 6 = 44,49 \text{ (грн).}$$

До інших статей НДР відносяться:

- адміністративні витрати (20% від витрат на заробітну працю)
- інтернет 170 грн. за місяць користування безлімітним швидким інтернетом.

- програма для розробки дизайну – безкоштовно.

Кошторис витрат на виконання НДР знаходиться у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	29272,64
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	6439,98
3	Матеріальні витрати	743,60
4	Амортизація основних засобів	676,71
5	Витрати на спожиту електроенергію	44,49
6	Інші витрати, у тому числі:	
6.1	адміністративні витрати (20 % від п.1)	5854,52
6.2	вартість послуг Інтернету	170,00
	Усього витрати на розробку ( <i>Bp</i> )	43201,94

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР визначає сумарні витрати за статтями п.1-п.6 та складає 43201,94 грн.

#### 6.4 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Результатом роботи може бути якісний або кількісний завершальний наслідок. Результат даної науково-дослідної роботи – покращення роботи над

дизайнами мобільного інтерфейсу для кращого сприйняття його дальтоніками. Результат від впровадження НДР визначається за формулою:

$$\Delta P_j = |X_{б_j} - X_{н_j}|, \quad (6.5)$$

де  $\Delta P_j$  – покращення  $j$ -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ( $j=1, m$ );

$m$  – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{б_j}$  – базове значення  $j$ -ої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$X_{н_j}$  – нове значення  $j$ -ої характеристики після впровадження пропонуваніх рішень.

У якості досліджуваної характеристики обрано рейтинги проекту до переробки за рекомендаціями, та після них. Значення були отримані завдяки методу експертної оцінки.

Таким чином, рейтинг проекту до переробки дорівнює 0,41, а після переробки – 0,6.

За формулою (6.5), результат впровадження НДР збільшився на 0,21 одиницю рейтингу.

### 6.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для того щоб визначити ефективність НДР, необхідно розрахувати коефіцієнт «ефект-витрат», який розраховується за формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (6.6)$$

де  $B_p$  – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн;

$K_{ев}$  – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює  $j$ -ту характеристику досліджуваного процесу.

Тоді за формулою (6.6):

$$Z_{ев} = \frac{0,21}{43201,94} \cdot 100\% = 0,0005 (\%)$$

Таким чином, можна зробити висновок, що дана робота має позитивний показник економічної ефективності.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, в кваліфікаційній роботі було проведено дослідження за гіпотезою: процес розробки макету дизайну з операціями, що зроблять елементи інтерфейсу розпізнаваними для дальтоніків, підвищує якість додатку.

Під час дослідження було вирішено ряд задач:

- проведено аналіз додатків світового рівня, які реалізують colorblind friendly функції в інтерфейсі;
- виконано дослідження колірних областей, які доступні для сприйняття користувачам з вадами колірного зору;
- проведено дослідження сучасних способів і методів компенсації тих вад зору користувачів, які погіршують взаємодію з додатками;
- визначено корисні інструменти для опрацювання елементів дизайну;
- створено рекомендації щодо процесу розробки додатків;
- проведено експериментальне дослідження ефективності запропонованих рекомендацій;
- виконано економічне обґрунтування дослідження.

Корисним результатом дослідження є створення рекомендацій для розробки додатків для дальтоніків. Завдяки цьому вирішиться проблема 20% населення світу при роботі з інтерфейсами.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кулішова Н.Є., Мамутова Т.С. Кольорова сліпота – особливість у повсякденності / Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції (17-19 жовтня 2018 р.). Львів: Українська академія друкарства, 2018. С. 244-245.
2. Дальтонизм. URL: <https://ultralinzi.ru/articles/daltonizm/> (дата звернення: 22.10.2021).
3. Немного о дальтонизме. URL: [https://pikabu.ru/story/nemnogo\\_o\\_daltonizme\\_3947347](https://pikabu.ru/story/nemnogo_o_daltonizme_3947347) (дата звернення: 22.10.2021).
4. Режим дальтоника: или как играть в серую Among Us. URL: <https://www.gadgetstyle.com.ua/64819-among-us-colorblind-mode-rules/> (дата звернення: 22.10.2021).
5. Протанопия – что это, причины, симптомы, диагностика, лечение. URL: <https://neman-crb.ru/preparaty/protanopiya-что-это-причины-simptomu-diagnostika-lechenie.html> (дата звернення: 22.10.2021).
6. Как видят мир люди, страдающие дальтонизмом. URL: <https://zagge.ru/kak-vidyat-mir-lyudi-stradayushhie-daltonizmom/> (дата звернення: 22.10.2021).
7. Тританопия. URL: <https://megabook.ru/article/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F> (дата звернення: 22.10.2021).
8. Дизайн для дальтоников: как сделать сайт, доступный всем. URL: [https://gb.ru/posts/colorblindness\\_design\\_howto](https://gb.ru/posts/colorblindness_design_howto) (дата звернення: 22.10.2021).
9. Tenbuuren A. Designing For (and With) Color Blindness. URL: <https://medium.com/intrepid-s-insights/designing-for-and-with-color-blindness-48392aab3d87> (дата звернення: 22.10.2021).
10. Режим дальтоника: или как играть в серую Among Us. URL: <https://www.gadgetstyle.com.ua/64819-among-us-colorblind-mode-rules/> (дата звернення: 22.10.2021).

11. Как дальтонизм влияет на опыт игроков – основные проблемы и их решения. URL: <https://dtf.ru/gamedev/68075-kak-daltonizm-vliyaet-na-opyt-igrokov-osnovnye-problemy-i-ih-resheniya> (дата звернення: 22.10.2021).

12. 108 million web users are color blind. Tips for designing keeping them in mind. URL: <https://uxplanet.org/108-million-web-users-are-color-blind-tips-for-designing> (дата звернення: 22.10.2021).

13. Designing for Colour Blindness. URL: <https://medium.com/@sidgtl/designing-for-colour-blindness-b74a9d012ef2> (дата звернення: 22.10.2021).

14. Цвета: как видят пользователи с дальтонизмом и цветовой слабостью. URL: <https://deadsign.ru/grafika/how-your-colorblind-and-colorweak-readers-see-your/> (дата звернення: 22.10.2021).

15. Дизайн для дальтоников: как создать доступный интерфейс. URL: <https://mlk.by/blog/znaniya/dizajn-dlya-daltonikov-kak-sozdat-dostupnyj-interfejs/> (дата звернення: 22.10.2021).

16. Руденко В.М. Математична статистика. К.: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.

17. Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проектів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей / Л.В. Соколова та ін. Харків: ХНУРЕ, 2015. 49 с.

18. Кулішова Н.Є., Ткаченко В.П. Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні для студентів усіх форм навчання спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія». Харків: ХНУРЕ, 2020. 51 с.