

було обрано ряд екологічно чистих матеріалів та створено 3D-модель будинку розмірами 12,8x 9,6 м. Прораховано, що для побудови такого будинку необхідно витратити 12495 шт ґрунтоблоків, 100 кг бетону та 110 листів натурального шиферу. Враховуючи вагу будинку запропоновано обрати стрічковий фундамент, який допоможе правильно розподілити навантаження на ґрунт. Запропоновано обрати матеріал для утеплення будинку – термольон, який має гарні теплоізоляційні властивості та екологічність.

На основі 3D-моделі проекту виконано функціонально-вартісний аналіз, який показує взаємодію між функціями та вартістю кожного конструктивного елементу, це допоможе зробити екологічний будинок доступним і скоротити витрати на його будівництво при збереженні функціональності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основні види фундаменту. Веб сайт. URL: <https://sanpol.ua/ua/library/tehnologii-gidroizolyatsii/osnovnye-vidy-fundamentov/>
2. Переваги еко-бетону. Веб сайт. URL: <https://www.volynpost.com/news/198591-osoblyvosti-ta-perevagy-ekobetonu>
3. Питання та відповіді про вікна та двері. Веб сайт. URL: <https://perfect.if.ua/pro-vikna/zapytanna-vidpovidi-pro-vikna>
4. Види шиферу. Веб сайт. URL: <https://fibrodah.online/fibrodah/vydy-shyferu-osnovni-harakterystyky-riznovydiv/>
5. Побудова будинку в Autodesk Fusion 360. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oyfwNiMbTuk>
6. Функціональна модель системи. Веб сайт. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11320265.pdf>
7. Функціонально-вартісний аналіз. Веб сайт. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/18693/

УДК 004.9

СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВІЗУАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ДИСПЛЕЮ ДЛЯ VR ОКУЛЯРІВ

Т.О. Письменкова¹, О.О. Новікова²

¹кандидат педагогічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

²студентка групи 132-19-2, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються характеристики дисплею, які впливають на сприйняття середовища у VR-окулярах. Також розглянуто ергономічні параметри окулярів та вплив кольорів на емоційний стан користувачів.

Ключові слова: ігрова індустрія, ігровий девайс, гра, VR-окуляри, візуальне сприйняття оточення

CREATING AN OPTIMAL VISUAL COMPONENT OF THE DISPLAY FOR VR GLASSES

T.O. Pysmenkova¹, O.O. Novikova²

¹Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Technical Aesthetics and Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pysmenkova.t.o@nmu.one

²student, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one

Abstract: The paper considers the characteristics of the display that affect the perception of the environment in VR glasses. The glasses ergonomic parameters and the colors influence on the users emotional state are also considered.

Keywords: gaming industry, gaming device, game, VR glasses, Visual perception of the environment

Вступ. Відображення різних об'єктів засобами віртуальної реальності вже має досить довготривалий час.

Ігри з відкритим світом надають гравцям можливість досліджувати віртуальні світи, взаємодіяти з різноманітними персонажами та виконувати різні завдання. Але довге перебування в грі з неправильно підібраними кольорами може негативно вплинути на зір та нервову систему гравця. Тому для досягнення максимального комфорту під час гри в VR окулярах важливо підібрати оптимальну матрицю, яка не буде виснажувати користувача та не шкодитиме його зору. А також при підборі кольорової гамми середовища необхідно враховувати вплив кольору на психічне здоров'я користувача.

Мета роботи. Розглянути фактори, які впливають на самопочуття користувача при використанні VR-окулярів. Обрати оптимальну матрицю дисплею VR-окуляр, які б забезпечили комфортну експлуатацію з мінімальним впливом на здоров'я. З'ясувати, як кольорова гамма штучного середовища при довгій ігровій сесії впливає на емоції та здоров'я людини.

Результат дослідження. Таблиця-характеристика візуального змісту середовища, емоційний та фізичний вплив на людину, яка знаходиться під впливом штучного середовища тривалий час.

Для тривалого перебування людини у віртуальній реальності вкрай важлива висока частота кадрів на екрані окулярів - при частоті кадрів нижче 90 в секунду користувач починає нудити [6]. Щоб цього не сталося, розробники окулярів віртуальної реальності рекомендують використовувати дуже потужні комп'ютери, які підтримують високу частоту кадрів.

Окрім питання самопочуття користувача, швидкість кадрів також підвищує якість зображення при динамічному геймплеї. Картинка стає більш чіткою, так як кадри оновлюються швидше.

Частота кадрів є особливо важливою характеристикою матриці дисплею для VR окуляр, тому на неї звертають найбільшу увагу.

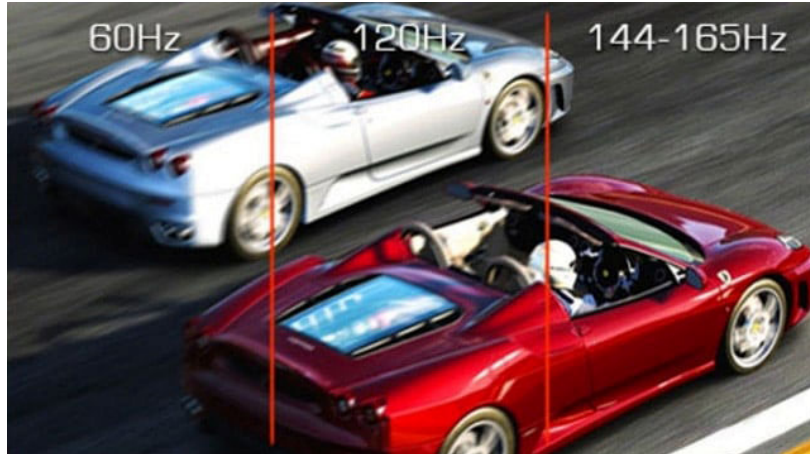


Рис. 1. – Різниця в якості зображення при різній частоті кадрів [7]

На зображенні (рис. 1) показана зміна чіткості зображення при різній частоті кадрів. При 60Hz (Гц) чіткість зображення дуже низька й це буде дуже помітно в VR окулярах. 120Hz (Гц) вже набагато краще, якість зображення дозволяє роздивитись деталі, які би було складно помітити про 60 Гц. Далі зображення при 144-165 Гц, різниця з попереднім не суттєва, але тепер деякі малі деталі стали більш помітні.

Щільність пікселів дисплею може впливати на комфортне користування VR окулярами через те, що очі знаходяться дуже близько до екрану пікселі дисплею стають більш помітніші. Чим вища щільність пікселів, тим менш помітні будуть окремі пікселі на екрані, що дозволить створити більш реалістичну імерсійну графіку. Якщо пікселі стають видимими, то це може порушувати ілюзію присутності і спричиняти дискомфорт користувача.



Рис. 2. – Якість зображення при різній щільності пікселів [8]

На зображенні (рис. 2) спостерігаємо, як щільність пікселів впливає на якість зображення. При 440 PPI неозброєним оком видно темну сітку (це власне й є зазор між пікселями). При 651 PPI все ще є темна сітка, але вона ледве помітна. Далі 803 PPI сітку вже зовсім не видно, але зображення ще недостатньо чітке. Й останнє зображення 1001 PPI, при такій щільності пікселів зображення стає дуже чітким, добре видно контраст між лініями, окрім цього передача кольорів теж покращилась

Однак, занадто висока щільність пікселів може призвести до інших проблем. Наприклад, вона може підвищити навантаження на графічний процесор, що може призвести до зниження швидкості оновлення кадрів та спричинити дискомфорт або погіршення якості зображення [9]. Також, висока щільність пікселів може вимагати вищої роздільної здатності, що призводить до погіршення продуктивності і зменшення частоти оновлення дисплею. Для VR окулярів оптимальна щільність пікселів складає не менше 651 PPI.

Ще однією не менш важливою характеристикою дисплею є яскравість та передача кольору. Яскравість дисплею може впливати на комфорт користування VR окулярами. Якщо дисплей занадто яскравий, це може призводити до болю в очах та загальної втоми. З іншого боку, дисплей, який занадто тьмянний, може знижувати якість візуального досвіду та робити зображення менш чітким.

Оптимальна яскравість дисплею для VR окулярів залежить від кількох факторів, включаючи якість самого дисплею, підсвічування, яке використовується для його підсвічування, та якість лінз окулярів. Ідеальна яскравість дисплею повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити якісний візуальний досвід, але не настільки високою, щоб не створювати дискомфорт для очей користувача.

У деяких VR окулярах існує можливість регулювання яскравості дисплею відповідно до власних вподобань користувача, що дозволяє забезпечити максимальний комфорт та задоволення під час гри.

Розглянемо існуючі VR-окуляри, які використовують матриці наведені в таблиці (табл. 1)



Рис. 3. - HP Reverb G2 Omnicept Edition

HP Reverb G2 Omnicept Edition [2]

Матриця: LCD (дві матриці, по одній на кожне око з сумарною роздільністю 4320 x 2160)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 615 PPI

Завдяки LCD дисплею, зображення дуже чітке, гарна передача кольорів. Також HP Reverb G2 Omnicept Edition оснащений технологією рендерингу високої якості, яка дозволяє досягнути більшої чіткості і реалізму зображення. Яскравість екрана також налаштовується залежно від потреб користувача.



Рис. 4. - HTC Vive Pro Eye

HTC Vive Pro Eye [2]

Матриця: OLED (дві матриці, по одній на кожне око з сумарною роздільністю 2880 x 1600)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 615 PPI

Ця модель поєднує в собі Оптимальну частоту кадрів та щільність піксель й при цьому всьому розумно використовує ресурси відеокарти комп'ютера (чи інших пристроїв через які використовуються окуляри). Такого результату продуктивності дана модель змогла добитись завдяки трекінгу очей. Туди куди людина дивиться в даний момент екран промальовує картинку більш детально.



Рис. 5. - SAMSUNG HMD Odyssey+

SAMSUNG HMD Odyssey+ [10]

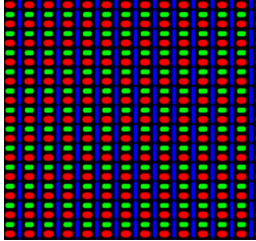
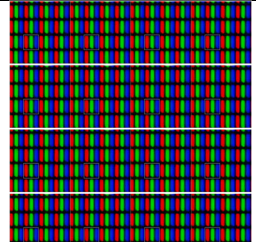
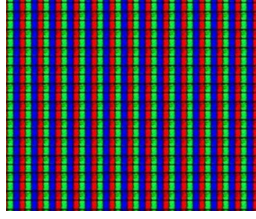
Матриця: anti-sde* AMOLED (anti-sde – без ефекту москітної сітки, роздільна здатність 2880x1600)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 1 233 PPI

Минулі версії VR окулярів з AMOLED мали дуже неприємний ефект «Москітної сітки». Цей ефект характеризується тим, що зображення були не чіткі через шум, який нагадує москітну сітку. В цій версії окуляр виробник виправив цю проблему та підвищив щільність пікселів, завдяки чому покращилась якість зображення.

Аналіз ринку [2 - 5] дозволив визначити характеристики матриці та її данні, які найбільше всього використовують для VR окуляр через їх характеристики та доступність. Інформація представлена у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1. – Параметри матриць дисплею

Назва матриці	Частота Зміни кадрів	Щільність пікселів (PPI)	Розширення дисплею	Яскравість та передача кольору	Вид матриці
Full HD Super AMOLED	90, 120, 144	615-1 233	1920×1080	Підтримує особливу яскравість кольорів Глибокий Чорний, але погана передача білого	
OLED	60, 90 Гц	615	1920 x 1080	Так само як в AMOLED	
TFT LCD	Standard – 60 Fast Version – 90+	651	1280×800	більш стриманими кольорами. Нижча яскравість і насиченість. Кольори здаються більш природними	

Навіть підібравши оптимальну матрицю для VR-окуляр, користувач може відчувати дискомфорт через неправильно підібрану кольорову палітру гри.

Яскравість кольорів може впливати на самопочуття людини та зір [1]. Яскраві кольори можуть сприяти збудженню, тоді як менш яскраві кольори можуть заспокоювати та розслабляти.

Занадто яскраві кольори можуть бути стомлюючими для очей та надмірно стимулювати нервову систему, що може викликати стрес та дратівливість. Наприклад, яскраві кольори, такі як жовтий або червоний, можуть бути дуже стимулюючими, а тому використовуються з обережністю в тих місцях, де люди повинні бути спокійними та зосередженими, наприклад, в готелях або лікарнях.

З іншого боку, надмірно бліді кольори можуть бути нудними та недостатньо стимулюючими, тож вони також можуть викликати втоми. Отже, оптимальний рівень яскравості для кольорів буде той, який створює приємний та комфортний ефект без надмірної стимуляції або втоми.

Крім того, важливо враховувати індивідуальні особливості зору користувача. Якщо людина має проблеми із зором, вона може відчувати дискомфорт, якщо кольори надто яскраві або недостатньо контрастні. У цьому випадку, оптимальним вибором будуть кольори з помірним рівнем яскравості та контрастності, що не викликають надмірного напруження очей.

Будь-який екран випромінює велику кількість синього світла, що також впливає на стан очей.

Тривалий вплив синього світла може викликати проблеми зі здоров'ям [11]. Око оснащене конструкціями, які захищають його від деяких видів світла. Наприклад, рогівка і кришталик захищають світлочутливу сітківку в задній частині ока від пошкодження УФ-променів. Ці структури не пропускають синє світло. І користувач піддається впливу багатьох з них — природне синє світло від сонця набагато перевищує кількість від будь-якого одного пристрою.

Використання цифрових пристроїв зблизька або протягом тривалого періоду може призвести до цифрового напруження очей.

Дослідження показало, що коли люди користуються комп'ютерами, ноутбуками та іншими цифровими пристроями, вони, як правило, моргають рідше, ніж зазвичай [15]. Менше моргань може означати менше вологи для ока. Що приводить до офтальмологічної патології, яка в самому простому вигляді проявляється запаленням роговиці та кон'юнктивітом.

Цифрове напруження очей означає різні речі для різних людей, але, як правило, пов'язане з системою фокусування очей.

Коли очі напружені від погляду на екран, що випромінює синє світло, помічається:

- сухість очей,
- хворі або роздратовані очі,

- втомлені очі,
- головний біль,
- втомлені від зажмурення м'язи обличчя.

Синє світло розлітається легше, ніж більшість іншого видимого світла. Це може ускладнити фокусування ока при отриманні синього світла. Натомість око може перетравлювати синє світло як погано сфокусовану візуальну статистику. Це зменшення контрастності може ускладнити оку обробку синього світла, потенційно сприяючи напрузі очей.

Тим не менш, наразі не достатньо досліджено, що синє світло безпосередньо призводить до напруження очей. Потрібні більш якісні дослідження. Науковці зазначили, так як світлодіодні пристрої з'явилися відносно нещодавно, немає жодних довгострокових досліджень, які б виміряли, що синє світло робить з очима протягом життя.

Вивчення кольорів і способів їх сприйняття ведеться дуже давно. Значна частина сучасної теорії кольору походить з історичного контексту та глибокого культурного значення. Усвідомлення цього дає змогу використовувати кольори у своїх інтересах або повністю руйнувати упередження гравця новими та креативними способами [12].

Червоний: сильні емоції, такі як любов, хіть, гнів, а також тепло.

Помаранчевий: радість і ентузіазм, а також розчарування або свіжість.

Жовтий: щастя або боягузтво.

Зелений: природа, заздрість, хвороба або жадібність.

Синій: спокійний, холодний і корпоративний


Фіолетовий: Королівське благородство, якість і розкіш.

Чорний: таємниця, зло або горе.

Білий: щирість, добро, чистота, святість, чистота або траур.

Тож враховуючи наведену вище інформацію підібрано оптимальні кольори для середовища такі як зелений, помаранчевий, синій, жовтий та взаємодія цих кольорів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. – Характеристика кольорової гамми середовища

Приклади середовища (Зображення взяті з [13, 14])	Вплив на зір та нервову систему	Емоційна складова
<p>1.</p> 	<p>Домінуючий колір – зелений.</p> <p>Оптимальна кольорова гамма для середовища. Очі людини чудово сприймають зелений колір, а також розслабляє нервову систему.</p>	<p>Зелений колір відомий своїм спокоєм та зосередженістю, що може допомогти зосередитися та підтримувати концентрацію. Крім того, зелений колір допомагає створити приємну атмосферу.</p>

		мну та заспокійливу атмосферу, так як асоціюється з природою.
2. 	Домінуючий колір – червоний та помаранчевий. Червоне світло сильно стимулює нервову систему, тому при довгому знаходженні в середовищі з агресивно червоним кольором може напружити очі та викликати роздратованість	Червоний колір у більшості людей виникає тривогу та агресивність, так як така кольорова палітра асоціюється з кров'ю та пожежою.
3 	Домінуючий колір – чорний та темно синій Якщо середовище дуже темне, а людина буде намагаться вдивлятися в деталі – це може призвести до погіршення зору через перенапруження очей	Темно-синій колір викликає в людини відчуття спокою та суму, впершу чергу це пов'язано з контекстом, якщо темно-синя палітра зустрічається в контексті ночі, то воно має заспокійливий ефект, але використання цього кольору в контексті драматичної ситуації підсилює відчуття смутку та жалю
4 	Домінуючий колір – жовтий. При створенні середовища в такій кольоровій гаммі головне, щоб жовтий був не дуже яскравий, бо занадто яскравий жовтий колір може призвести до погіршення зору	Жовтий колір викликає у людини такі емоції, як радість, щастя, надія, подібно тому, як сонце встає після довгої темної ночі.

<p>5</p> 	<p>Баланс кольорів – зелений, жовтий та блакитний. Оптимальний баланс стимулюючих та заспокійливих кольорів. Такий варіант надає очам достатню розрядку, що дозволяє знаходитись в такому середовищі достатньо довго</p>	<p>Збалансоване різноманіття барв дає енергію та в цей же час не перенапружує зоровий канал, подібно натуральному середовищу.</p>
<p>6</p> 	<p>Домінуючий колір – сірий. Така кольорова гамма має заспокійливий ефект, але в той же час створює недостаток кольорів через, що у користувача може виникати відчуття нудьги</p>	<p>Відсутність барв робить середовище безжиттєвим та сумним, зів'ялим. Перебуваючи в такій атмосфері людина може відчувати самотність та депресію. Але це також залежить від контексту, так як більшість урбанічних середовищ також багаті на сіру палітру, але при цьому не виглядають млявими</p>

Висновки. Найбільш вдалою матрицею для VR окулярів є TFT LCD (швидка версія) вона забезпечує частоту кадрів достатню для комфортного використання VR окуляр. Також даний тип матриць має високу щільність пікселів завдяки чому у екрана не виникає ефекту «Москитної сітки». Також яскравість та передача кольорів LCD дисплеїв, дуже яскрава, але при цьому кольори приємні для очей та відчуються «натурально».

У відкритому світі, наприклад, коли створюється середовище для роботи або навчання, оптимальним кольором може бути зелений. Зелений колір відомий своїм спокоєм та зосередженістю, що може допомогти зосередитися та підтримувати концентрацію. За таблицею 2 найбільш оптимальними варіантами будуть кольорові рішення під номером 2 та 5, так як в них найбільш збалансована взаємодія зеленого з іншими кольорами. Інші варіанти наведенні в таблиці теж мають місце бути, але не на постійній основі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Катерина Васюк. Особливості впливу кольорів на фізіологічний і психологічний стан людини // Режим доступу: <https://labprice.ua/statti/osoblivosti-vplivu-koloriv-na-fiziologichniy-i-psihologichniy-lyudini/>
2. Садо Рабауді & Ден Тінкхем. Керівні принципи бюджетування worldviz на 2023 рік для наукових vr-лабораторій // Режим доступу: <https://www.worldviz.com/post/2023-worldviz-budgeting-guidelines-for-scientific-vr-labs>
3. Технологія Dynamic AMOLED. Огляд дисплеїв Samsung нового покоління. Режим доступу: <https://samsungshop.com.ua/samsung-news/1091.html>
4. Технологія AMOLED. Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/AMOLED>
5. Technology : JDI's LCD Technology : High Pixel Density | Japan Display Inc. Режим доступу: <https://www.j-display.com/english/technology/idilcd/highreso.html>
6. [The Importance of the VR Refresh Rate: Everything You Need To Know](https://kommandotech.com/guides/vr-refresh-rate/) // Режим доступу: <https://kommandotech.com/guides/vr-refresh-rate/>
7. Паоло Рева. Best 144Hz Monitors 2016 / 2017 – Buyer's Guide // Режим доступу: <https://monitornerds.com/best-144hz-monitors-2016-2017/>
8. VRS Pixel Density Example - Virtual Reality Society // Режим Доступу: <https://www.vrs.org.uk/japanese-tech-giants-team-create-specialised-vr-lcd-screens/vrs-pixel-density-example/>
9. [Confused about HiDPI and Retina display? — Understanding pixel density in the age of 4K.](https://www.eizo.no/library/basics/pixel_density_4k/index.html) Режим Доступу: https://www.eizo.no/library/basics/pixel_density_4k/index.html
10. Натаніель Мотт. Samsung Fights VR's Screen Door Effect, Doubles PPI With HMD Odyssey+ // Режим доступу: <https://www.tomshardware.com/news/samsung-hmd-odyssey-vr-headset-specs,37963.html>
11. Сара Н. Фрай, OD, MPH, FAAO — Ребекка Джой Стенборо, MЗС. Синє світло: що це таке, і як воно впливає на наші очі? Режим доступу: <https://www.healthline.com/health/what-is-blue-light>
12. Герман Туллекен. Color in games: An in-depth look at one of game design's most useful tool. Режим доступу: <https://www.gamedeveloper.com/design/color-in-games-an-in-depth-look-at-one-of-game-design-s-most-useful-tools#close-modal>
13. Color Harmony Studies. Режим Доступу: <http://artofae.blogspot.com/2013/11/color-harmony-studies.html?m=1>
14. Передача настрою завдяки кольорової гамми // Режим доступу: <https://ifunny.co/picture/despair-hope-tramquality-wysteriow-bnrrln-lifeless-SLhaSGsw7>
15. Суканья Джайсвал, Ліза Аспер, Дженніфер Лонг, Ебігейл Лі, Кірстен Харрісон, Бланка Голебовські. Очний і візуальний дискомфорт, пов'язаний зі смартфонами, планшетами і комп'ютерами: що ми робимо, а чого не знаємо // Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30663136/>