

## **АНАЛІЗ КОЛЬОРОВИХ ОПТИЧНИХ ІЛЮЗІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ІРРАДІАЦІЙНОГО ПОЛЯ**

*Анотація:* у роботі за допомогою принципів побудови іррадіаційних полів розглядаються питання впливу кольору (довжини хвилі) та яскравості сприймаємого об'єкта на оптичні ілюзії які він здатен викликати у сприймаючої людини.

*Ключові слова:* оптичні ілюзії, іррадіаційне поле, фізіологічна оптика, довжина хвилі, яскравість, коефіцієнт дифузного відбиття.

**Постановка проблеми.** Сприйняття об'єктів, у тому разі і об'єктів дизайну, пов'язано з зоровими (оптичними) ілюзіями. Оптичні ілюзії це помилки в зоровому сприйнятті, котрі викликані неточністю процесів корекції зорового образу, а також фізичними причинами. Вивчення оптичних ілюзій потребує вивчення оптики зору, фізіології зору, психології та психофізики зорового сприйняття.

Оптичні ілюзії є потужним інструментом, який дозволяє дизайнеру отримати певний ефект під час конструювання об'єкта. Аналіз різноманітних причин, які впливають на оптичні ілюзії надасть у подальшому можливість аналізувати та керувати ними, використовувати ілюзії під час проектування об'єктів дизайну.

Розгляд та вивчення ілюзій потребує чіткої їх класифікації на: помилку зору; кольорову ілюзію; контрастну викривляючі; контурну ілюзію; ілюзію сприйняття глибини та розмірів; ілюзії руху та стерео ілюзії.

Вивчення та пояснення ілюзії з точки зору фізіології зору, фізіологічної оптики та психофізики надасть можливість обґрунтовано підходити до використання того чи іншого виду ілюзій у дизайні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженнями в області зорових ілюзій і сприйняття займалися вчені Бардін К.В.[1], Руубер Г.Є.[5], Логвиненко А.Д.[4], Арнхейм Р.[7]. В роботах цих вчених розглядалися питання зорового сприйняття різноманітних об'єктів, вплив яскравості і кольору об'єкта на його сприйняття. В роботі [2] розглянуті питання впливу фізичних параметрів об'єкта, як наприклад: колірному тону, яскравості, рівня освітленості на сприйняття самого об'єкта. Не розглянутими залишаються питання впливу вищенаведених параметрів об'єкта на ті оптичні ілюзії які він здатен створювати при його сприйнятті людиною.

**Формулювання цілей статті.** Виявити вплив кольору та яскравості сприймаємого об'єкта на створювані ним оптичні ілюзії за допомогою принципу побудови іррадіаційного поля.

**Основна частина.** Деякі кольорові оптичні ілюзії можливо пояснити з точки зору явища іррадіації.

Натепер існує кілька понять явища іррадіації (від лат. irradio – осяюю, випромінюю): 1. це властивість зору, яка полягає в тому, що світлі об'єкти

здаються більшими, а темні – меншими (за В.В. Шароновим [6]); 2. це поширення процесу збудження або гальмування в центральній нервовій системі (за І.П. Павловим, Є.Б. Бабським, А.А. Зубковим [3]); 3. по дослідженням Руубера Г.Є. іррадіаційне поле це гіпотетичне енергетичне поле, що з'являється в результаті виникнення вогнища збудження на сітківці ока під впливом хвилі світла.

Засновуючись на вище наведених визначеннях явища іррадіації сформовано наступні положення: зображення об'єкта на сітківці ока не має чіткого контуру, а розсіюється; виникнення іррадіаційного поля зумовлено променями світла, які відбиваються від сприйманого об'єкта; інтенсивність іррадіаційного поля визначається параметрами хвилі світла і фізіологією зору.

Тобто джерелом, що викликає іррадіаційне поле є світлова хвиля, яка відбивається від сприймаємого об'єкта, а середовищем, в якому поширюється поле є клітини сітківки. Світлова хвиля характеризується довжиною та частотою. Також при сприйнятті об'єкта важливим показником являється кількість світла, яка попадає на сітківку, тобто рівень освітленості об'єкта.

Таким чином, розміри іррадіаційного поля (тобто зон збудження сітківки) залежать від фізичних параметрів світлової хвилі та від рівня освітленості об'єкта. А розмір зон збудження, в свою чергу, впливає на кількість клітин сітківки, залучених до процесу сприйняття (схема рис. 1).



Рис. 1. Схема, яка відображає чинники, які впливають на кількість клітин, залучених до формування зображення

Для розрахунку розміру іррадіаційного поля використовується одновимірна передатна функція ідеальної оптичної системи ока:

$$O(f) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} (\arccos(u) - u\sqrt{1-u^2}) & \text{якщо } 0 < u < 1 \\ 0 & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

$$u = \lambda \cdot a^{-1} \cdot d \cdot \nu, \quad (2)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі для спектрального кольору або переважна довжина хвилі для несекторального кольору;  $a$  – діаметр зіниці,  $d$  – відстань від кришталіка до сітківки (оптична вісь),  $\nu$  – частота.

Точковий об'єкт ця система перетворює в концентричні кільця Фраунгофера (в функцію розсіювання точки – ФРТ). Ці два поняття можна ототожнити з поняттям поля іррадіації. Картина ФРТ (іррадіаційного поля) складається з центрального максимуму  $R_1$  (кола Ейрі), а також вторинних

максимумів які розраховуються за формулами 3, 4.

$$R_1 = \beta_1 \frac{\lambda}{a} = 1,22 \frac{\lambda}{a}; \quad (3)$$

$$R_2 = \beta_2 \frac{\lambda}{a} = 2,44 \frac{\lambda}{a}, \quad (4)$$

де  $R_1$  – радіус першого кола розсіювання;  $R_2$  – радіус другого кола розсіювання;  $\beta_1, \beta_2$  – коефіцієнти, які визначають радіуси розсіювання, в дифракційній картині з врахуванням ступеня згасання.

Іррадіаційне поле поширюється радіально від точкового вогнища збудження (рис. 2), або утворює ділянки концентрації та розсіювання для будь якого криволінійного контуру, який сприймається.

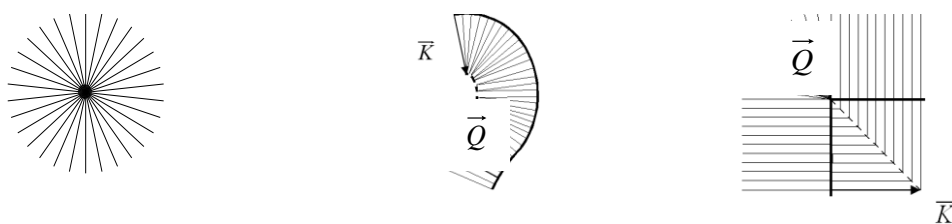


Рис. 2. Поширення поля іррадіації (розсіювання – К та концентрація – Q).

Згідно з оптичною фізіологією процес формування зображення на сітківці аналогічний процесу інтерференції світла при дифракції на круглому отворі. А формула для розрахунку радіуса дифракційних кілець аналогічна формулам (3) та (4).

Виходячи з формулювань іррадіаційного поля за Г.Є. Руубером [5] і І.П. Павловим впливає, що інтенсивність поля має зменшуватися у міру віддалення від вогнища збудження. Ступінь загасання іррадіації буде визначати розмір поля через кількість кілець розсіювання, якими обмежується це поле. Для встановлення ступеня згасання поля використовується формула, яка виражає інтенсивність згасання інтерференційної картини при дифракції світла на круглому отворі (зіниці):

$$U(\Theta) = U_0 \left[ \frac{2U_1 \left( \frac{ka \sin \Theta}{2} \right)}{\frac{ka \sin \Theta}{2}} \right], \quad (5)$$

де  $U(\Theta)$  – інтенсивність освітленості сітківки в точці що визначається кутом  $\Theta$ ;  $k$  – порядок картини розсіювання.

Формула 5 встановлює той факт, що рівень освітленості в другому кільці Фраунгофера  $R_2$  становить  $U(\Theta) R_2 \approx 2\%$  від освітленості  $U_1$  в точці падіння променя. За формулою (5) побудовано графік, який наведено на рис. 3. На даному графіку показано розподіл інтенсивності освітлення в кільцях Фраунгофера без врахування довжини хвилі. Згідно з формулою 5 та графіком рис. 3 розмір іррадіаційного поля буде обмежуватись другим кільцем розсіювання. Згідно формул 1, 2, 3 та 4 впливає, що діаметр зіниці впливає на іррадіаційне поле через рівень освітленості. Освітленість в свою чергу впливає на рівень яскравості об'єкта. Графік залежності діаметра зіниці від яскравості сприйманого об'єкта, показано на рис. 3. Цей графік отримано за



2,5	0,95	0,148	0,168	0,182	0,19	0,207	0,226	0,233	0,242	0,27
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	0,5	0,046	0,053	0,057	0,059	0,065	0,071	0,073	0,076	0,08
8,5	0,2	0,044	0,049	0,054	0,053	0,061	0,067	0,069	0,071	0,08
Розмір іррадіаційного поля D (нм)										

Мінімальний розмір іррадіаційного поля має фіолетовий колір з довжиною хвилі  $\lambda \approx 380$  нм. Порівняно з іррадіаційним полем лінії червоного кольору поле, яке створюється фіолетовою лінією, буде приблизно в 1,8 рази меншим за умови рівної яскравості – формула 8.

$$\frac{D_{\text{ЧЕР}}(a_1, \delta_1)}{D_{\text{Ф}}(a_1, \delta_1)} = 1,8, \quad (8)$$

де  $a_1, \delta_1$  – значення діаметра зіниці і коефіцієнт дифузного відбивання матеріалу, однакові для двох порівнюваних кольорів.

Приклад співвідношень в розмірах іррадіаційних полів для фіолетового і червоного кольору лінійного об'єкта наведено на рис. 4.

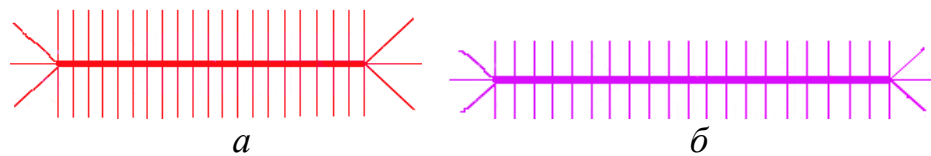


Рис. 4. Іррадіаційне поле, яке створюється спектральною червоною лінією (а); іррадіаційне поле спектральної фіолетової лінії (б)

Таке співвідношення в розмірах іррадіаційних полів справедливе тільки для спектральних кольорів.

**Висновки.** За допомогою розрахунку та побудови іррадіаційних полів можливо пояснити оптичну ілюзію згідно з якою об'єкти світлого кольору здаються більшими ніж об'єкти темного кольору. Пред'явлена формула дає можливість порівняти та отримати числовий вираз співвідношення розмірів зображення на сітківці одного кольору до іншого.

**Перспективи подальшого дослідження.** В подальшому слід розглянути розміри іррадіаційних полів для не спектральних кольорів, а також виявити взаємний вплив двох суміжних полів іррадіації від різнокольорових об'єктів.

### Література

1. Бардин К.В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы / К.В. Бардин. – М.: Наука, 1976. – 395с.
2. Бессарабова О.В. Импресивна графоаналітична модель в проектуванні об'єктів дизайну: дисс. канд. техн. Наук: 05.01.03 – Технічна естетика / Бессарабова Олена Віталіївна. – К.; 2011. – 180с.
3. Кравков С.В. Глаз и его работа / С.В. Кравков. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. – 531с.

4. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства / А.Д. Логвиненко. – М.: Изд-во Московского университета, 1998. – 223 с.
5. Руубер Г.Э. О закономерностях художественного визуального восприятия / Г.Э. Руубер. – Таллин: «Валгус», 1985. – 344с.
6. Шаронов В.В. Свет и цвет / В.В. Шаронов. – М.: Государственное издательство физико–математической литературы, 1961. – 311 с.
7. Arnheim R. Art and visual perception. New Version. – Berkley, Los Angeles: University of California press, 1974. – 392 p.

#### Аннотация

*Бессарабова Е.В. Анализ цветовых оптических иллюзий при помощи иррадиационного поля. В работе с помощью принципов построения иррадиационных полей рассматриваются вопросы влияния цвета (длины волны) и яркости воспринимаемого объекта на оптические иллюзии, которые способен он вызывать у воспринимающего человека.*

*Ключевые слова: оптические иллюзии, иррадиационное поле, физиологическая оптика, длина волны, яркость, коэффициент диффузного отражения.*

#### Abstract

*Bessarabova E.V. Color optical illusions analysis with the irradiational fields. In using the principles of irradiational fields considered the impact of color (wavelength) and the perceived brightness of the object on the optical illusion that it is able to cause the receiving person.*

*Keywords: optical illusion, irradiational fields, physiological optics, wavelength, brightness, diffuse reflection coefficient.*