

ОФТАЛЬМОГІГІЄНИЧНІ ТА СВІЛОТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ОФІСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

Мартіросова В. Г.¹, Сорокін В. М.²

¹Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України», м. Київ

²Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України, м. Київ

Вступ. Незважаючи на великий арсенал світлотехнічних освітлювальних приладів з різними характеристиками типів і колірних температур, дотепер відсутні конкретні гігієнічні рекомендації щодо їхнього застосування для створення оптимальної системи освітлення.

Мета дослідження – розробити гігієнічні та світлотехнічні рекомендації щодо створення оптимального світлового середовища з урахуванням типів, спектральних характеристик і колірних температур джерел світла.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведене у виробничих умовах в обчислювальних центрах Пенсійного фонду м. Києва, обладнаних люмінесцентними джерелами світла, та офісу компанії «Azur Air», обладнаного світлодіодними джерелами світла. У дослідженні брали участь офісні працівники, усього 148 осіб (81 і 67) з гостротою зору 1,0 на підставі офтальмологічного огляду під час роботи протягом усього робочого дня з 1-год перервою в середині дня. Для оцінки функціонального стану зорової системи використовувалися фізіологічні та психофізіологічні методи досліджень функціональних показників: гострота зору, акомодация та її потенціали, контрастна чутливість ока, ахроматична адиспаропія, зорова працездатність, частота серцевих скорочень, периферичний артеріальний тиск (систолічний і діастолічний), короткочасна пам'ять.

Результати. Проведеними експериментальними дослідженнями у виробничих умовах за основними показниками функціонального стану організму працівників встановлено, що при роботі під впливом випромінювань, що генеруються люмінесцентними лампами за колірної температури 4100 К, на фоні незначних коливань показників стану резервів акомодации та стійкості функції акомодации спостерігається коливальний характер показників зорової працездатності ($p < 0,005$) 50 %, знижуються показники короткочасної пам'яті, а частота серцевих скорочень з 57,9 уд./хв підвищується до 146 уд./хв і потім нормалізується до кінця роботи. При роботі під впливом випромінювань, що генеруються світлодіодними джерелами світла за колірної температури 4500 К, показники рівня функціонального стану працівників носять більш стабільний характер при коливаннях рівня досліджених функцій з невеликою амплітудою.

Висновки. При роботі під впливом випромінювань, що генеруються світлодіодними джерелами світла за колірної температури 4500 К, рівні показників функціонального стану працівників мають більш стабільний характер при коливаннях рівня досліджених функцій з невеликою амплітудою. Встановлена нестійкість основних досліджених функцій у працівників офісу в умовах світлового середовища, обладнаного люмінесцентними лампами, а при світлодіодному освітленні досліджені функції мають стабільний характер протягом робочого дня. Розроблено рекомендації з урахуванням офтальмогігієнічних і світлотехнічних вимог щодо створення оптимального світлового середовища для офісних працівників, запровадження яких сприятиме підвищенню зорової працездатності та профілактики зорових порушень.

Ключові слова: світлове середовище, експериментальні дослідження, фізіологічні методи, світлотехнічний пристрій

Вступ

При розробці раціональних систем освітлення для робочих місць і виробничих приміщень необхідно приділяти увагу не тільки рівням освітленості відповідно до чинних нормативів, але й вибору джерел

світла, що сприяють створенню якісних параметрів світлового середовища, які впливають на рівень зорової працездатності.

Особливо важливий підхід при створенні оптимального світлового середовища, тобто оптимальне

поєднання кількісних і якісних параметрів, необхідний для професій, пов'язаних з виконанням робіт зі складними зоровими завданнями в разі виконання відповідальних завдань, де не можна допускати помилок [1–3].

Оскільки в арсеналі світлотехнічних виробів нині є велика різноманітність різних типів джерел світла, керівники офісних підприємств (роботодавці) часто вибір джерел світла вирішують самостійно без урахування специфіки зорових робіт, характеристик кольорних температур, висоти підвісу світильників й інших параметрів освітлювальних систем.

У разі скарг на розвиток зорового втомлення в працівників офісів керівники звертаються до Інституту за рекомендаціями щодо раціонального влаштування систем освітлення для робочих місць і виробничих приміщень. Тому перед нами стояло завдання організації та проведення дослідження у виробничих умовах з метою вивчення функціонального стану організму працюючих під впливом генерованих випромінювань від люмінесцентних і світлодіодних джерел світла за допомогою об'єктивних і суб'єктивних методів дослідження для розробки рекомендацій щодо створення оптимального світлового середовища.

Розробка офтальмогігієнічних рекомендацій щодо освітлення робочих місць і робочих приміщень для працівників різних виробництв встановлюється на підставі проведених наукових досліджень та, як правило, орієнтується на стан зорової працездатності [2–4].

Зорова працездатність є інтегральним показником взаємодії фізіологічних функцій під час виконання трудових завдань різного ступеня складності. Особливо важливе значення відіграє виробниче освітлення, оскільки видимість об'єктів розрізнення визначає кількісні та якісні показники продуктивності роботи працюючих та сприяє підтримці високого рівня працездатності. Правильно організоване виробниче освітлення, виконане з урахуванням специфіки зорових завдань, сприяє також профілактиці зорової втоми та зорових порушень.

Більшою мірою це стосується робіт зі складними зоровими завданнями, що характеризуються необхідністю тривалої фіксації погляду на дрібних об'єктах розрізнення при малих контрастах з фоном, при зниженій світлоті фону, необхідності погляду на плаваючі та мерехтливі об'єкти, розташовані на вертикальній, горизонтальній і похилій площинах.

Однак не менше значення має вибір джерел світла в системах виробничого освітлення, що забезпечують створення світлового середовища кількісними та якісними параметрами. На сучасних підприємствах сьогодні в основному застосовуються компактні та трубчасті люмінесцентні лампи (ЛЛ) та світлодіодні джерела (СДДС) світла з різними характеристиками спектральних складових і кольорною температурою [4].

На рисунках 1 і 2 показано спектри застосовуваних джерел світла на виробництвах.

Матеріали та методи дослідження

Основним завданням дослідження було встановлення особливостей психофізіологічних реакцій у офісних працівників при виконанні трудових операцій зі складними зоровими завданнями в разі дії випромінювань від двох видів джерел світла — люмінесцентних і світлодіодних у порівняльному аналізі на підставі суб'єктивних та об'єктивних показників у досліджених для розробки заходів їхнього застосування.

Дослідження проведено у виробничих умовах в обчислювальних центрах Пенсійного фонду м. Києва, обладнаних ЛЛ, та офісу компанії «Azur Air», обладнаних СДДС. У дослідженні брали участь офісні працівники, усього 148 осіб (81 і 67) з гостротою зору 1,0 на підставі офтальмологічного огляду під час роботи з Notebook протягом усього робочого дня з 1-год перервою в середині дня [1, 2].

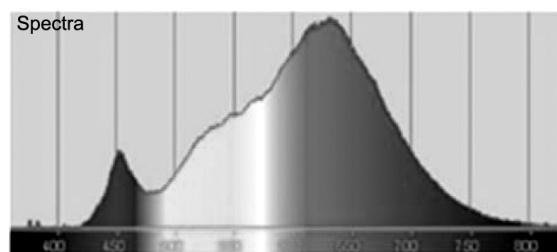


Рис. 1. Спектр світлодіодної лампи

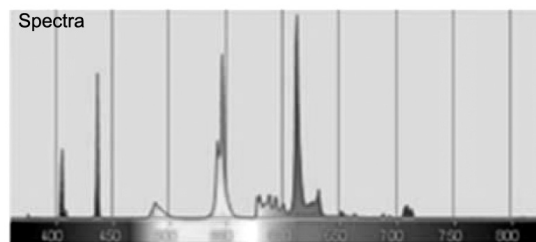


Рис. 2. Спектр люмінесцентної лампи

Для виконання робіт нами були розроблені вимоги до загальної системи рівномірного освітлення в офісних приміщеннях для проведення виробничого експерименту з метою дослідження впливу випробувань від ЛЛ і СДДС. На підставі цього були вирішені наступні завдання: проведено комп'ютерне моделювання фотометричних параметрів виробничого приміщення в програмі DiaLux; розроблено схему розміщення світильників в освітлювальних установках на виробництвах, що забезпечують норму освітленості на робочому місці — 400 лк і колірних температур 4100 К і 4500 К відповідно. Для оцінки функціонального стану зорової системи використовувалися фізіологічні та психофізіологічні методи досліджень з урахуванням їхньої адекватності задачам, що дозволяє правомірно оцінити зорове сприйняття й якість переробки зорової інформації [3].

У цьому дослідженні застосовано комплекс психофізіологічних методів для оцінки яскравості та контрастності каналів зорової системи під впливом випромінювання від СДДС, функціональний стан паличкової та колбочкової систем, а також передачу інформації до центральних відділів зорового аналізатора, первинний та вторинний зорові центри [3].

Для вирішення зазначених завдань були застосовані такі методи досліджень функціональних показників: гострота зору, акомодация та її потенціали, контрастна чутливість ока, ахроматична адиспаропія, зорова працездатність, частота серцевих скорочень, периферичний артеріальний тиск (систолічний і діастолічний), короткочасна пам'ять.

Досліджувана нами гострота зору, або розрізняльна здатність ока в досліджуваних, є одним з основних критеріїв оцінки здатності до зорового аналізу форм, розмірів, структури та орієнтації об'єктів у просторі, а візометрія належить до обов'язкових методів функціональних досліджень органів зору.

Зорова працездатність вивчалась нами за допомогою таблиць з кільцями Ландольта, відображаючи інтегральний показник функції гостроти зору, контрастної чутливості та швидкості розрізнення.

Застосовуваний нами метод ахроматичної адаптації відображає функціональний стан функції контрастної чутливості ока. Він оснований на несприйнятті нерівності двох контрастних дотичних полів.

Після попередньої адаптації до встановленої яскравості фону спостерігач фіксував точку в цент-

рі на межі двох полів. Тимчасовий поріг адаптації визначався часом від моменту фіксування спостерігачем тест-об'єкту до моменту порушення чіткої межі між контрастними полями при контрасті $K \geq 0,5$ або до зникнення розрізнення контрастів порівнюваних полів з $K \leq 2$.

Часовий поріг адиспаропії, який характеризує функціональну стійкість зору, вимірювався в секундах.

Враховуючи психоемоційний характер та особливості сприйняття світла людиною, ми розробили анкету з таблицею для суб'єктивної оцінки комфортності світлового середовища за 5 показниками, яка може бути використана для працівників офісів.

Анкети розроблені для проведення виробничого експерименту в офісних працівників три рази за робочий день: вранці, перед обідньою перервою та наприкінці робочої зміни в умовах адаптації до світлового середовища, обладнаного за допомогою ЛЛ і СДДС [3].

Отримані дані проведених досліджень опрацьовані за програмами ЕОМ.

Власні дослідження. Проведені нами експериментальні фізіологічні дослідження у виробничих умовах надані на рисунках 3–6, які демонструють їхній рівень у динаміці робочого дня та протягом робочого тижня в працівників офісу в умовах освітлення різними джерелами світла.

З наданих даних ($p < 0,05$) видно, що на фоні незначного коливання функції за показаннями адиспаропії та резервів акомодатії спостерігається коливальний характер показників зорової працездатності та контрастної чутливості ока з великою амплітудою, що призводить до значного зниження функції від початку до кінця робочого дня. При цьому значно (на 50 %) знижуються показники короткочасної пам'яті, а частота серцевих скорочень з 57,9 уд./хв до середини робочого дня підвищується до 146,0 уд./хв. Зорова працездатність за інтегральним показником у середині робочого дня збільшується вдвічі, а до кінця робочого дня знижується до початкового значення, тоді як кількість припущених помилок збільшується на 11,6 %.

Таким чином, на рисунках 3–6 видно, що при роботі під впливом випромінювань, що генеруються ЛЛ за колірної температури 4100 К на фоні незначних коливань показників стану резервів акомодатії і стійкості функції акомодатії спостерігається

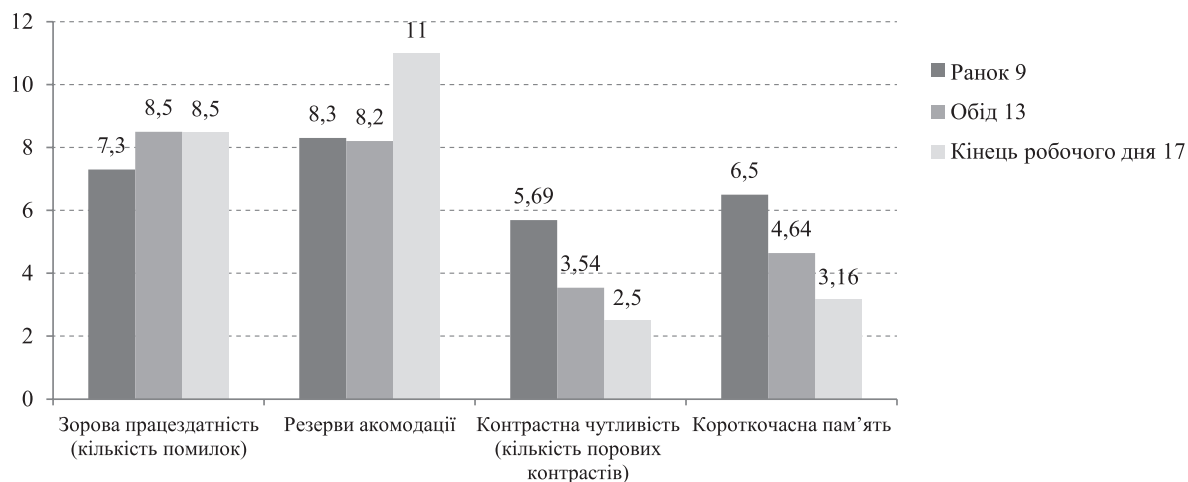


Рис. 3. Показники рівня психофізіологічних функцій (зорова працездатність, резерви акомодатції, контрастна чутливість, короткочасна пам'ять) у працівників офісу в динаміці робочого дня та протягом робочого тижня в умовах світлового середовища, облаштованого люмінесцентними джерелами світла — $E\ 400\ \text{лк}$, $T_c\ 4100\ \text{К}$

коливальний характер показників зорової працездатності з високою амплітудою коливань ($p < 0,005$), на 50 % знижуються показники короткочасної пам'яті, а частота серцевих скорочень з 57,9 уд./хв підвищується до 146,0 уд./хв і потім незначно нормалізується до кінця роботи.

При роботі під впливом випромінювань, що генеруються СДДС за колірної температури $T\ 4500\ \text{К}$, показники рівня функціонального стану працівників носять більш стабільний характер при коливаннях рівня досліджених функцій з невеликою амплітудою.

Середні показники суб'єктивного психофізіологічного сприйняття світлового середовища працівників офісу Пенсійного фонду м. Києва й Київської області при освітленні ЛЛ за $E\ 400\ \text{лк}$, колірної температури $4100\ \text{К}$ надано в таблиці 1.

Дані дослідження (табл. 1) показали, що при роботі в умовах освітлення ЛЛ працівники оцінюють світлове середовище як «комфортно» — 43,3 %, а як «не комфортно» — 56,7 %. Рівень освітленості досліджені оцінюють як «добре» — 56,7 %, як «блискучість» — 11,9 %, як «недостатне» — 31,3 %. Досліджувані віддають перевагу

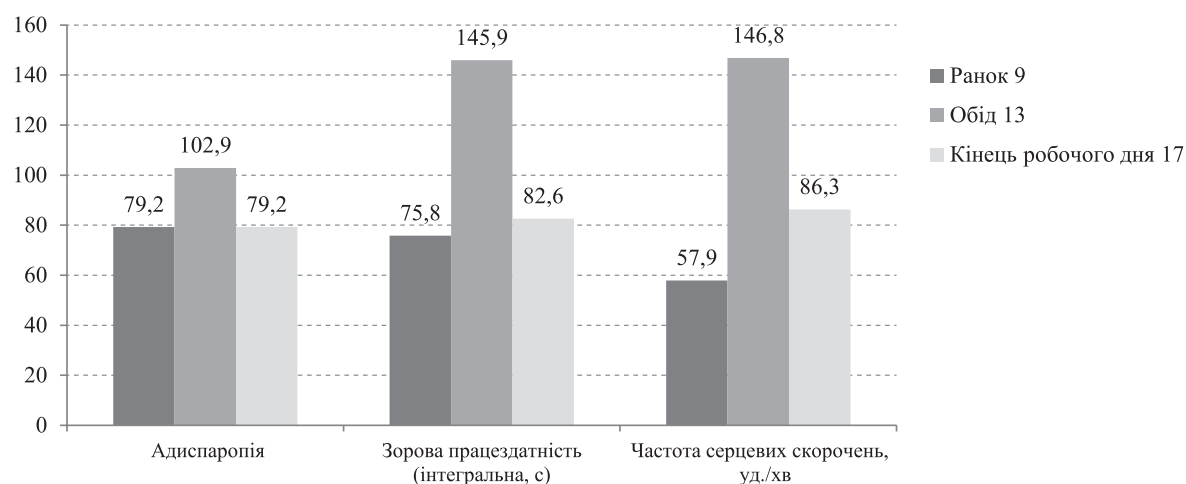


Рис. 4. Показники рівня психофізіологічних функцій (адиспаропія, зорова працездатність, частота серцевих скорочень) у працівників офісу в динаміці робочого дня та протягом робочого тижня в умовах світлового середовища, облаштованого люмінесцентними джерелами світла — $E\ 400\ \text{лк}$, $T_c\ 4100\ \text{К}$

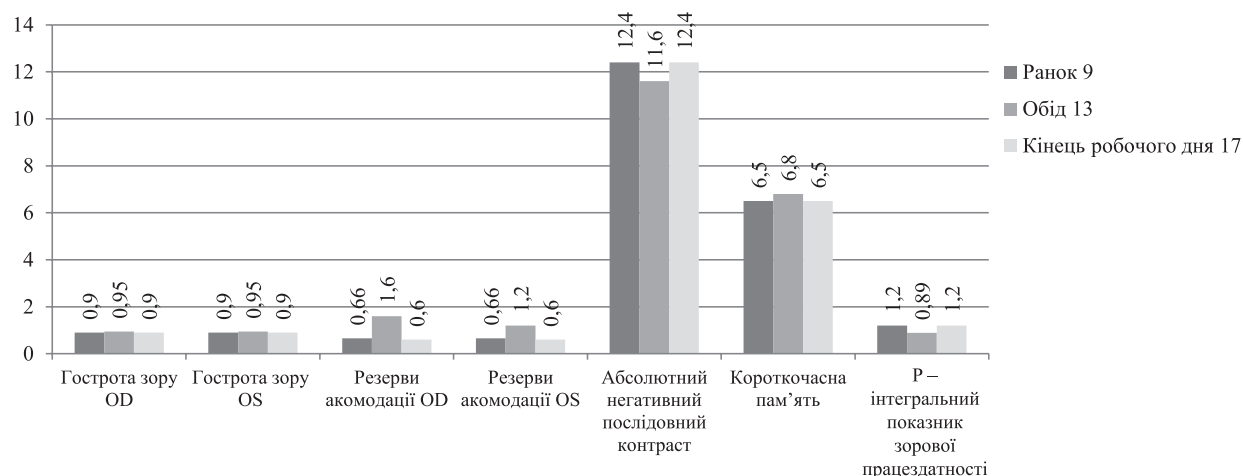


Рис. 5. Показники рівня психофізіологічних функцій (гострота зору, резерви акомодациї, абсолютний негативний послідовний контраст, короткочасна пам'ять, інтегральний показник зорової працездатності) у працівників офісу в динаміці робочого дня та протягом робочого тижня в умовах світлового середовища, облаштованого світлодіодними джерелами світла – T_c 4500 K

холодній колірній температурі – 55,2 %, теплій – білій – 28,3 %, а нейтральній – 16,4 %. Виконану роботу працівники оцінюють як «не складна» – 56,7 %, а як «складна» – 43,2 %. Загальний стан організму працівників оцінюють як «нормальний» – 53,7 %, а як «втомлений» – 46,2 %.

Середні показники суб'єктивного психофізіологічного сприйняття світлового середовища працівників офісу Хендлінгової компанії в динаміці робочого дня протягом робочого тижня при освітленні СДДС за Е 400 лк, колірної температури 4500 K наведено в таблиці 2.

Дані дослідження (табл. 2) показали, що більша частина працівників оцінюють світлове середовище як «комфортно» – 82,7 %, а як «не комфортно» – 17,3 %. Рівень освітленості оцінюють як «добре» – 82,7 %, а як «блискучість» – 7,4 %. Більшість працівників (45,6 %) добре сприймають колірну температуру в нейтрально-білому діапазоні, холодно-білий – 23,4 %, тепло-білий – 30,8 %. Досліджені характеризують виконану ними роботу як «складна» – 55,5 %. Загальний стан організму досліджувані оцінюють як «нормальний» – 86,4 %, а як «втомлений» – 13,58 %.

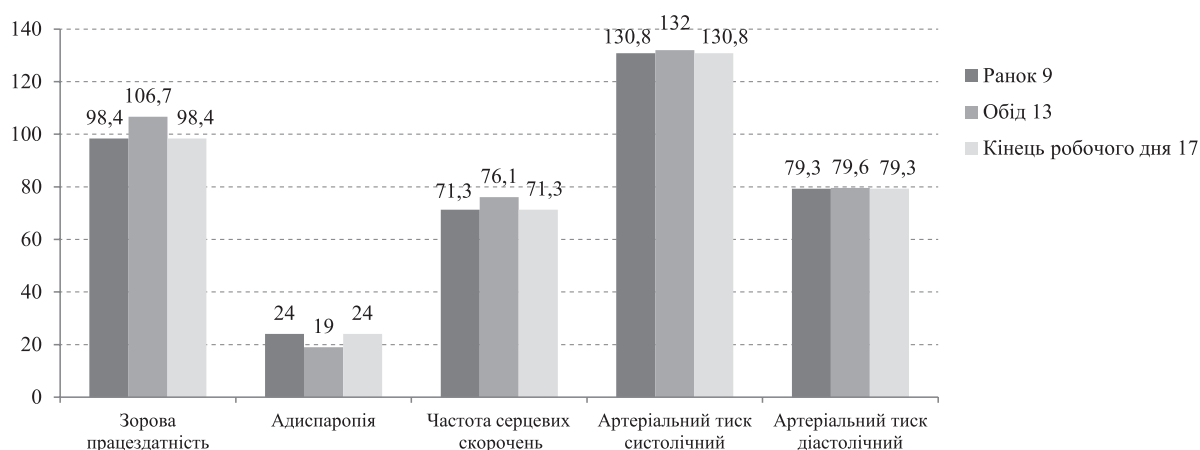


Рис. 6. Показники рівня психофізіологічних функцій (зорова працездатність, адиспаропія, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний, артеріальний тиск діастолічний) у працівників офісу в динаміці робочого дня та протягом робочого тижня в умовах світлового середовища, облаштованого світлодіодними джерелами світла – T_c 4500 K

Таблиця 1

Середні показники суб'єктивного психофізіологічного сприйняття світлового середовища працівників офісу Пенсійного фонду м. Києва та Київської області при освітленні люмінесцентними джерелами світла за E 400 лк, колірної температури 4100 К

№	Психофізіологічний показник стану світлового середовища	Оціночний показник	Абсолютний середній показник
1	Оцінка комфортного світлового середовища	Комфортно	29
		Не комфортно	38
2	Оцінка рівня освітленості	Добре	38
		Блискучість	8
		Недостатнє	21
3	Психофізіологічне відчуття спектра випромінювання	Теплий	19
		Холодний	37
		Нейтральний	11
4	Оцінка складності зорового завдання	Складна	29
		Не складна	38
5	Характеристика загального стану організму	Нормальний	36
		Втомлений	31

Таблиця 2

Середні показники суб'єктивного психофізіологічного сприйняття світлового середовища працівників офісу Хендлінгової компанії в динаміці робочого дня протягом робочого тижня при освітленні світлодіодними джерелами світла за E 400 лк, колірної температури 4500 К

№	Психофізіологічний показник стану світлового середовища	Оціночний показник	Абсолютний середній показник
1	Оцінка комфортного світлового середовища	Комфортно	67
		Не комфортно	14
2	Оцінка рівня освітленості	Добре	67
		Блискучість	6
		Недостатнє	8
3	Психофізіологічне відчуття спектра випромінювання	Теплий	25
		Холодний	19
		Нейтральний	37
4	Оцінка складності зорового завдання	Складна	45
		Не складна	36
5	Характеристика загального стану організму	Нормальний	70
		Втомлений	11

Освітлення робочих місць і виробничих приміщень здійснюється за допомогою різних джерел світла. Винайдення нового джерела світла завжди сприймалося як нова ера досконалості світлотехнічної науки, що завжди мала велике значення для розвитку народного господарства всіх країн світу. Так був зустрінутий винахід в 1879 році Томаса Едісона лампи розжарювання, а в 1930 році Генрі Раунда флюоресцентної лампи й нарешті в 2000 році Хітші Накамури отримання синього кольору для створення світлодіодної лампи. Кожне нововинайдене джерело світла відрізнялося від попереднього більш досконалими властивостями та недоліками.

На рисунку 7 показані спектри всіх джерел світла, які застосовуються в системах освітлення,

порівняно з сонячним випромінюванням.

При розгляді діапазону джерел світла видно, що вони різні. Так, ЛЛ генерує переважно інфрачервоне випромінювання у великому діапазоні та характеризується «гольчастим» спектром і виділяє ультрафіолетове випромінювання, небезпечне для ока. Спектр СДДС характеризується випромінюванням у діапазоні 420–460 нм, за колірної температури більше ніж 3500 К має місце викид синього світла [6, 7].

СДДС з колірною температурою до 3500 К генерує випромінювання з приємним жовтим відтінком і розслаблюючим впливом на функціональний стан організму людини, що призводить до зниження уваги й продуктивності праці. У діапазоні 3500–

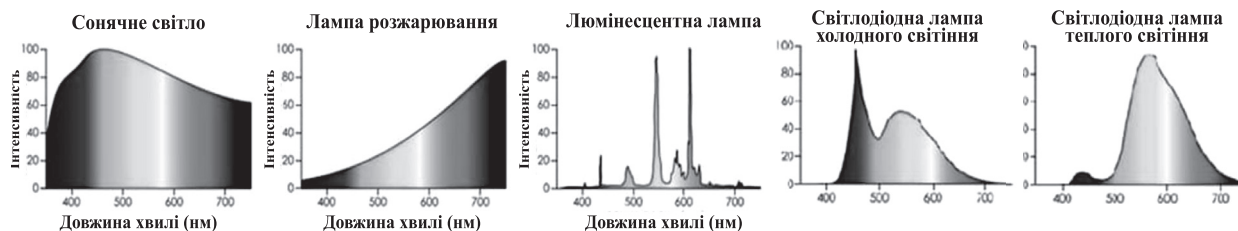


Рис. 7. Спектри сучасних джерел світла, що застосовуються

5000 K (нейтрально-біле світло) генерується «ідеальне випромінювання» для будь-яких робіт, що сприяють підтримці функціонального стану організму та працездатності на високому рівні. Холодно-біле світіння СДДС (понад 5000 K) генерує великий потік синього світла, сприяє високій концентрації функції ока та загального стану організму на високий рівень, що викликає виснаження та призводить до зниження їхнього рівня, що є непридат-

ним для використання в офісних приміщеннях на підприємствах [7].

Світлотехнічні та офтальмогігієнічні характеристики джерел світла, що використовуються на сучасних підприємствах, викладено в таблиці 3.

Рекомендації щодо забезпечення оптимального світлового середовища, що створюється освітлювальною системою за допомогою СДДС, для офісних приміщень надані в таблиці 4.

Таблиця 3

Світлотехнічні та гігієнічні характеристики застосовуваних джерел світла

Назва джерела світла	Лампа розжарювання	Позитивні якості	1. Генерує випромінювання розсіяне, приємне для сприйняття з жовтуватим відтінком
		Негативні якості	1. Випромінює видиме світло 3–7 %, решта – в інфрачервоному діапазоні, тому називається «тепловий випромінювач» 2. Вольфрамова нитка нагріву часто перегорає 3. Споживає багато електроенергії, тому не є ефективною 4. Скляна колба 5. Пожежонебезпечна 6. Інфрачервоне випромінювання в короткому діапазоні може спричинити катаракту
	Лампа люмінесцентна компактна та трубчаста	Позитивні якості	1. Генерує світло у великому спектральному діапазоні 2. Велика площа трубчастої колби відбиває розсіяне світло
		Негативні якості	1. Містить ртуть і фосфор 2. Висока пульсація світлового потоку 3. Генерує ультрафіолетове випромінювання 4. Стартери та дроселі створюють неприємний шум і незручність при застосуванні 5. «Голчастий спектр» негативно впливає на психофізіологію ока 6. Потрібна утилізація ртуті
	Лампа світлодіодна	Позитивні якості	1. Генерує 100 % видимого світла 2. Високе енергозбереження 3. Має широкий спектральний діапазон (тепло-білий – до 3500 K) (нейтрально-білий – 3500–5000 K) (холодно-білий – понад 5000 K) 4. Період використання – понад 50 000 год і більше 5. Пожежобезпечна, складається з кристалів 6. Працює у великому температурному режимі (+ 45 °C) (- 45 °C) 7. Діапазон застосування широкий та ін.
		Негативні якості	1. Блискуче джерело світла, слід застосовувати зі світильником для рівномірності контрастності та рівномірного розподілу світлового потоку 2. У діапазоні понад 5000 K генерує синє світло, небезпечне для ока

Таблиця 4

Рекомендації щодо забезпечення оптимального світлового середовища, що створюється освітлювальною системою за допомогою світлодіодних джерел світла для офісних приміщень

Фактор/проблема, що потребує вирішення, одиниця виміру	Рекомендований захід		Метод вимірювання
	інженерно-технічний	нормувальний	
1. Інтенсивність світлового потоку, лк	600	Від системи загального рівномірного освітлення	Фотометр ТЕС-0693
2. Умовний захисний кут, градус	Не менше ніж 90	ДСанПин 3.3.2.007-98	Транспортер і косинець
3. Габаритна яскравість Світильники мають бути оснащені світлорозсіювачами, що знижують яскравість СДДС ламп до вказаних вище значень, кд/м ²	Не більше ніж 5000	ДБН В.2.5-28-2018	Фотометр ТЕС-0693 Вимірювач яскравості
4. Допустима нерівномірність яскравості вихідного отвору	$L_{\max} : L_{\min}$ не більше ніж 5 : 1	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014	Фотометр ТЕС-0693 Вимірювач яскравості
5. Корельована кольорова температура, К	2700 3000 4000 4500	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014 ДСТУ- ІЕС/PAS 62612:2012	За даними виробника – за маркуванням на світлодіодних виробках і їхній упаковці
6. Індекс кольоропередачі, R_a	Не менше ніж 80	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014 ДСТУ- ІЕС/PAS 62612:2012	За даними виробника – за маркуванням на світлодіодних виробках і їхній упаковці
7. Коефіцієнт пульсації світлового потоку, %	Не більше ніж 5	ДСанПин 3.3.2.007-98	ДСТУ Б В.2.2-6-97

У таблиці 4 наведено результати власних офтальмогігієнічних та світлотехнічних досліджень для створення оптимального світлового середовища для офісних підприємств.

Висновки

1. У більшості сучасних офісних підприємств освітлення робочих місць і робочих приміщень здійснюється системою загального освітлення за допомогою ЛЛ і СДДС, їхньої кольорової температури, висоти підвісу та інших параметрів освітлювальної системи для створення оптимального світлового середовища, що викликає скарги працівників на втому та зниження загальної та зорової працездатності.
2. Проведеними нами психофізіологічними дослідженнями та анкетним опитуванням у офісних працівників – 148 осіб – встановлено, що при однаковому рівні освітленості робочих місць –

400 лк і кольорній температурі 4100 К і 4500 К (нейтрально-біле світло) спостерігається переважання позитивних реакцій на світлодіодне випромінювання порівняно з суб'єктивними методами досліджень.

3. На підставі офтальмогігієнічних і світлотехнічних даних власних досліджень розроблені рекомендації для забезпечення оптимального світлового середовища, що створюється СДДС на робочих місцях і в офісних приміщеннях з урахуванням інтенсивності світлового потоку, умовного захисного кута, габаритної яскравості, допустимої нерівномірної кольорової температури, індексу кольоропередачі та коефіцієнта пульсації світлового потоку.
4. Для створення оптимального світлового середовища для працівників офісних підприємств слід використати розроблені нами рекомендації, які сприятимуть підтримці зорової та загальної працездатності, профілактиці зорової втоми та збереженню здоров'я працюючих.

Література

1. Мартиросова В. Г., Назаренко В. И. Гигиеническая оценка компактных люминесцентных ламп и рекомендации по их применению. *Світло люкс*. 2007. № 3. С. 56–58.
2. Исследование влияния излучения светодиодных источников света на некоторые основные физиологические системы организма человека. В. Г. Мартиросова, В. И. Назаренко, В. М. Сорокин, А. Д. Галинский. *Світло люкс*. 2011. № 2. С. 42–47.
3. Мартиросова В. Г., Галинский О. Д. Фізіологічна оцінка випромінювання світлодіодних джерел. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2011. № 2. С. 27–35. <https://doi.org/10.33573/ujoh2011.02.027>.
4. Текшева Л. М. Эксперимент: влияние на психофизические показатели человека. Сравнение люминесцентных и светодиодных светильников. 2011 г. CROM Electronics.
5. Мартиросова В. Г. Медичне дослідження впливу світлодіодного випромінювання на організм людини. *Промислова електроенергетика та електротехніка*. 2014. № 4. С. 10–20.
6. Мартиросова В. Г. Офтальмогигиенические и светотехнические проблемы нормирования параметров световой среды, обустроенной светодиодными источниками света на предприятиях Украины. *Промислова електроенергетика та електротехніка*. 2017. № 4–6. С. 22–26.
7. Blue light as an occupational health problem. V. G. Martirosova, V. M. Sorokin, V. I. Nazarenko et al. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2019. Vol. 15, № 3. P. 194–203. <https://doi.org/10.33573/ujoh2019.03.194>.

Мартиросова В. Г.¹, Сорокин В. М.²

ОФТАЛЬМОГИГИЕНИЧЕСКИЕ И СВОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ОФИСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

¹ Государственное учреждение «Институт медицины труда имени Ю. И. Кундиева Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев

² Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева Национальной академии наук Украины, г. Киев

Введение. Несмотря на большой арсенал светотехнических осветительных приборов с различными характеристиками типов и цветовых температур, до сих пор отсутствуют конкретные гигиенические рекомендации по их применению для создания оптимальной системы освещения.

Цель исследования — разработать гигиенические и светотехнические рекомендации по созданию оптимальной световой среды с учетом типов, спектральных характеристик и цветовых температур источников света.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено в производственных условиях в вычислительных центрах Пенсионного фонда г. Киева, оборудованных люминесцентными источниками света, и офиса компании «Azur Air», оборудованного светодиодными источниками света. В исследовании принимали участие офисные работники, всего 148 человек (81 и 67) с остротой зрения 1,0 на основании офтальмологического осмотра во время работы в течение всего рабочего дня с 1-ч перерывом в середине дня. Для оценки функционального состояния зрительной системы использовались физиологические и психофизиологические методы исследований функциональных показателей: острота зрения, аккомодация и ее потенциалы, контрастная чувствительность глаза, ахроматическая адиспаропия, зрительная работоспособность, частота сердечных сокращений, периферическое артериальное давление (систолическое и диастолическое), кратковременная память.

Результаты. Проведенными экспериментальными исследованиями в производственных условиях по основным показателям функционального состояния организма работников установлено, что при работе под влиянием излучений, генерируемых люминесцентными лампами при цветовой температуре 4100 К, на фоне незначительных колебаний показателей состояния резервов аккомодации и устойчивости функции аккомодации наблюдается колебательный характер ($p < 0,005$) 50 %, снижаются показатели кратковременной памяти, а частота сердечных сокращений с 57,9 уд./мин. повышается до 146,0 уд./мин. и затем нормализуется к концу работы. При работе под влиянием излучений, генерируемых светодиодными источниками света при цветовой температуре 4500 К, показатели уровня функционального состояния работников носят более стабильный характер при колебаниях уровня исследованных функций с небольшой амплитудой.

Выводы. При работе под влиянием излучений, генерируемых светодиодными источниками света при цветовой температуре 4500 К, уровни показателей функционального состояния работников носят более стабильный характер при колебаниях уровня исследованных функций с небольшой амплитудой. Установлена неустойчивость основных исследованных функций в рабочих офисах в условиях световой среды, оборудованной люминесцентными лампами, а при светодиодном освещении исследованные функции носят стабильный характер в течение рабочего дня.

Разработаны рекомендации с учетом офтальмогигиенических и светотехнических требований по созданию оптимальной световой среды для офисных работников, внедрение которых будет способствовать повышению зрительной работоспособности и профилактике зрительных нарушений.

Ключевые слова: световая среда, экспериментальные исследования, физиологические методы, светотехническое устройство

Martirosova V. G.¹, Sorokin V. M.²

OPHTHALMOLOGICAL AND LIGHTING PROBLEMS OF CREATING A RATIONAL LIGHTING ENVIRONMENT FOR OFFICE WORKERS AT UKRAINIAN ENTERPRISES

¹State Institution «Kundiiiv Institute of Occupational Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

²V. E. Lashkarev Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Introduction. Despite the huge number of light-technical lighting devices with different characteristics of types and colour temperatures, there are still no specific hygienic recommendations for their use to create an optimal lighting system.

The aim of the study is to develop hygienic and lighting recommendations for creating an optimal lighting environment, taking into account the types, spectral characteristics and colour temperatures of light sources.

Materials and methods. The research was conducted in industrial conditions at the computer centres of the Pension Fund of Kyiv, equipped with fluorescent light sources, and the office of the «Azur Air» company, equipped with LED light sources. Office workers, a total of 148 people (81 and 67) with visual acuity 1.0 participated in the research, on the basis of an ophthalmological examination during work throughout the working day with an hour break in the middle. To assess the functional state of the visual system, physiological and psycho-physiological methods of functional indicators were used: visual acuity, accommodation and its potentials, contrast sensitivity of the eye, achromatic dysparopia, visual performance, heart rate, peripheral blood pressure (systolic and diastolic), short-term memory.

Results. The experimental studies carried out in industrial conditions based on the main indicators of the functional state of the workers showed that when working under the influence of radiation generated by fluorescent lamps at $T_{cv} = 4100$ K against the background of minor fluctuations in the indicators of the state of accommodation reserves and the stability of the accommodation function, the fluctuating nature of visual performance indicators is observed ($p < 0.005$) indicators of short-term memory decrease by 50 %, and heart rate from 57.9 beats. Increases to 146 units. min. and then normalizes until the end of the work. When working under the influence of radiation generated by LED light sources at $T_{cv} = 4500$ K, the indicators of the level of the functional state of workers are more stable when the level of the investigated functions fluctuates with a small amplitude.

Conclusions. When working under the influence of radiation generated by LED light sources at $T_{cv} = 4500$ K, the levels of indicators of the functional state of workers have a more stable character when the level of the investigated functions fluctuates with a small amplitude. The instability of the main investigated functions was established in the working office in the light environment equipped with fluorescent lamps, while under LED lighting the investigated functions have a stable character during the working day. Recommendations have been developed taking into account ophthalmic hygiene and lighting requirements for creating an optimal lighting environment for office workers, the implementation of which will contribute to increasing visual performance and prevention of visual impairments.

Key words: light environment, experimental studies, physiological methods, lighting device

References

1. Martirosova, V. G., Nazarenko V. Y. 2007), «Gigienicheskaia otsenka kompaktnykh liuminestsentnykh lamp y rekomendatsyy po yh prymereniyu» [Hygienic assessment of compact fluorescent lamps and recommendations for their use]. *Svitlo liuks*, No. 3. pp. 56–58.
2. Martirosova, V. G., Nazarenko, V. I., Sorokyn, V. M., Galynskyj, A. D. (2011), «Issledovanye vliyaniya izlucheniya svetodiodnykh istochnikov sveta na nekotorye osnovnye fiziologicheskyye systemy organizma cheloveka» [Study of the influence of radiation from LED light sources on some basic physiological systems of the human body]. *Svitlo liuks*, No. 2, pp. 42–47.
3. Martirosova, V. G., Galynskyj, A. D. (2011), «Fiziologo-gigienichna otsinka vyprominiuvannya svitlodiodnykh dzherel» [Physiological and hygienic assessment of radiation from LED sources]. *Ukrainian Journal of Occupational Health*, No. 2, pp. 27–35. <https://doi.org/10.33573/ujoh2011.02.027>.
4. Teksheva, L. M. (2011), Eksperiment: vlyaniye na psyhofizicheskie pokazateli cheloveka. Svravnenie liuminestsentnykh y svetodiodnykh svetilnikov [Experiment: influence on the psychophysical parameters of a person. Comparison of fluorescent and LED lamps]. CROM Electronics.

5. Martirosova, V. G. (2014), «Medychne doslidzhennia vplyvu svitlodiodnogo vyprominiuvannia na organizm liudyny» [Medical study of the effect of LED radiation on the human body], *Promyslova elektroenergetyka ta elektrotehnika*, No. 4, pp. 10–20.

6. Martirosova, V. G. (2017), «Oftalmo-gigienicheskye y svetotekhnicheskye problemy normirovaniya parametrov svetovoy sredy, obustroennoj svetodyodnymi ystoknykamy sveta na predpriyatiyah Ukrainy» [Ophthalmic and hygienic and lighting problems of

normalizing the parameters of the light environment, equipped with LED light sources at the enterprises of Ukraine], *Promyslova elektroenergetyka ta elektrotehnika*, No. 4–6, pp. 22–26.

7. Martirosova, V. G., Sorokin, V. M., Nazarenko, V. I. et al. (2019), «Blue light as an occupational health problem», *Ukrainian Journal of Occupational Health*, Vol. 15, No. 3. pp. 194–204. <https://doi.org/10.33573/ujoh2019.03.194>.

ORCID ID співавторів та їхній вклад у підготовку та написання статті:

Мартіросова В. Г. (ORCID ID 0000-0002-2777-1724) — організація та проведення експериментального дослідження на виробництві, обробка даних дослідження, формулювання висновків;

Сорокін В. М. — постановка мети дослідження, організація та контроль установки освітлювальних систем на виробництві.

Надійшла: 4 квітня 2022 р.

Прийнята до друку: 11 травня 2022 р.

Контактна особа: Мартіросова В. Г., ДУ «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМНУ», буд. 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: + 38 0 44 289 00 21.