

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 63:535.21

ПРОБЛЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ

Ковальчук І. М., Бархатов О. М., Румянцев О. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

По мірі старіння людини відбувається безперервне погіршення зору, тому виникає необхідність у розгляді потреби літніх людей у додатковому освітленні. При цьому враховується, що світло потрібне не тільки для виконання зорових завдань, а також для забезпечення біологічного впливу на око.

Постановка проблеми. В останні роки в нашій країні спостерігалось постійне збільшення населення старшої вікової групи. По мірі старіння людини відбувається безперервне погіршення зору. Ця обставина була врахована в Європейському стандарті EN 12464-1, що вказує, що необхідний рівень освітленості слід збільшувати, якщо можливості зорової системи працівника виявляються нижче норми. Однак при проектуванні освітлення ця вимога часто ігнорується: освітленість зменшують до мінімального дозволеного рівня, а значення параметрів технічного стану необгрунтовано завищують. Це особливо часто відбувається в період глибокої економічної кризи, повально-го безробіття, посилення вимог щодо економії енергії, яка витрачається на освітлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світі постійного зростання відносної чисельності населення старшої вікової групи можна прогнозувати безперервне збільшення кількості літніх працівників. Гострота зору з віком зменшується. З одного боку, погіршується здатність до акомодатії. Цей ефект можна компенсувати за допомогою окулярів. З іншого боку, гострота зору зменшується внаслідок скорочення кількості непошкоджених рецепторів сітківки. Таке зменшення гостроти зору, так само як і збільшення непрозорості кришталика, окулярами компенсувати не можливо. В Україні в 1985 році найбільш велика вікова група відповідала 21-23 рокам (розглядається тільки працездатне населення), в 2005 році цей вік збільшився до 40-43 років і, за даними державного статистичного управління, у 2050 році він буде приблизно дорівнювати 65 років. Таким чином, до 2050 року 30-33% населення країни буде старше 65 років. Відповідно, вимоги до освітлення робочих місць повинні враховувати цей процес.

Загальновідомо, що зір з віком погіршується. Навіть Європейський стандарт по внутрішньому освітленню EN 12464-1 вказує, що "необхідний рівень освітленості слід збільшувати, якщо можливості зорової системи працівника виявляються нижче норми". На практиці ми спостерігаємо іншу картину: освітленість зменшують до мінімального дозволеного рівня, значення параметрів технічного стану необгрунтовано завищують, а підвищену чутливість літніх людей до сліпучого блиску ігнорують. Поруч із зоровим комфортом, зорова працездатність є одним з найбільш важливих факторів, що розглядаються в Європейсь-

ких стандартах, таких як EN 12464 (робочі місця) або EN 13201 (вуличне освітлення).

У наукових дослідженнях еквівалентами зорової працездатності служать гострота зору, контрастна чутливість і швидкість виявлення або їх поєднання.

Гострота зору - це здатність сприймати різні предмети, розташовані (в кутовій мірі) дуже близько один до одного. Її кількісне вираження називають "візус" (visus) і визначають, як величину, зворотну гранично малому куту (в кутових хвилинах) між двома сусідніми точками, які ще сприймаються окремо. У разі очей з нормальною рефракцією (еметропія) найменший зазор, що сприймається, дорівнює одній дуговій хвилині, що еквівалентно 1,0 візусу. Значення рівня 0,8 візус вважається граничним для задовільної гостроти зору. Контрастна чутливість є величина зворотна найменшому (граничному) контрасту, який сприймається фізично. Контрастна чутливість залежить від умов освітлення і віку спостерігача. Об'єкти спостереження з граничним контрастом розрізняються з імовірністю 50 %. Результати досліджень гостроти зору і контрастної чутливості дозволяють розробити рекомендації щодо виконання на робочих місцях конкретних зорових задач. Для отримання стандартних граничних значень стосовно зоровим завданням взагалі, коли ці завдання заздалегідь не відомі або не описані належним чином, необхідно ввести коефіцієнти, значення яких визначаються на основі оцінок, або попереднього досвіду. Ці коефіцієнти базуються на національних або міжнародних угодах. Вони знаменують собою зв'язок між стандартами і результатами досліджень зорової працездатності [1].

Мета статті. Розглянути реальну потребу літніх людей в обгрунтованому освітленні і закликати до визнання пріоритету цієї потреби перед енергетичною та економічною ефективністю. Суть питання полягає в розгляді потреби літніх людей здебільшого у додатковому освітленні. При цьому враховується, що світло потрібне не тільки для виконання зорових завдань, а й для забезпечення біологічного впливу на око людини.

Основні матеріали дослідження. Дослідження показали, що крім зображення, що формується в зоровому каналі, що саме лежить в основі зорової працездатності, світло ще й біологічно впливає на очі людини. Прикладами служать придушення вироблення гормонального мелатоніну при наявності світла

вночі, настройка внутрішнього біологічного годинника (добова ритмічність) на добовий ритм "світло - темно" і активує дію світла. По мірі старіння людського організму змінюються як функціональність очей, так і поведінка людей. Це пов'язано з негативним впливом старіння на зорову працездатність і на не візуальну дію світла, що виражається в:

- зменшенні коефіцієнта пропускання середовища очей;
- пожовтінні кришталика ока;
- посиленні розсіювання світла в середовище очей;
- зменшенні акомодативної можливості очей (стара реча далекозорість);
- зменшенні працездатності сітківки;
- зменшенні розміру зіниці;
- зменшенні рухливості очних м'язів.

Не візуальна дія світла також залежить від віку спостерігача. Було показано, що не візуальна дія світла є чутливою до короткохвильової ("синьої") частини видимого спектра. У літніх людей ця частина спектра значно змінюється через те, що в міру старіння відбувається пожовтіння кришталика ока. Нижче буде розглянуто тільки старіння середовища ока. Зрозуміло, що мають місце і інші ознаки старіння, такі як зменшення кількості або чутливості рецепторів сітківки. Інформація про ці симптоми в даний час дуже мізерна. Спектральна чутливість придушення вироблення мелатоніну зміщена в синю область спектра відносно звичної спектральної світлової ефективності. Крім того, аналогічне синє зміщення спектральної чутливості має місце як в разі налаштування біологічних годин [4], так і в разі зростання суб'єктивного і фізіологічного відчуття бадьорості [1]. Однак повні функції спектральної чутливості для двох останніх явищ досі не опубліковані. Тому наведені дослідження засновані на спектральній чутливості придушення вироблення мелатоніну. Раніше було показано, що спектральна чутливість пов'язана з невідомими раніше світлочутливими рецепторами сітківки (гангліозні клітини сітківки). Це привернуло увагу світлотехніків і світлотехнічної промисловості. Було запропоновано, як і раніше використовувати загальноприйняті методи фотометричних вимірювань, а облік синього зсуву чутливості здійснювати за допомогою залежного від спектру поправочний коефіцієнт [3] біологічного впливу. У ряді публікацій вказувалося, що це припущення слід розглядати тільки в якості першого наближення [2]. Як би там не було, подібна систематична похибка має місце і в разі візуального сприйняття світла, і вона була прийнята традиційною фотометрією. Множення таких фотометричних величин, як освітленість або яскравість на коефіцієнт біологічного впливу, робить можливим кількісний опис не візуального впливу світла. [4].

З 2009 року доступний попередній німецький стандарт V D1M 5031-100, що містить тільки табульовану функцію отриману на основі наукових даних [3]. В майбутньому ця функція буде, можливо, вдосконалена, що обумовлено розрізненістю і розкидом наявних в даний час експериментальних даних. Вікова зміна середнього розміру зіниці призводить до 40 % зменшення освітленості сітківки 65-річних лю-

дей в порівнянні з 25-річними [5]. У той же час, зменшення зіниці призводить до збільшення глибини фокусування, що супроводжується посиленням гостроти зору і зорової працездатності, так що вікове зменшення зіниці впливає на не візуальну дію світла і, якщо дозволяють обставини, покращує зорову працездатність. Обумовлене зменшення рухливості, зміна способів проведення вільного часу означає, що люди похилого віку менше часу проводять поза домом під впливом денного світла. І як наслідок, брак світла призводить до зменшення не візуальної дії світла з негативними наслідками, як для емоційного стану, так і для сну [5]. Ймовірність влучення фотона на світлочутливий пігмент рецепторів сітківки залежить від спектрального коефіцієнта пропускання середовища очей (рис. 1) з якого випливає, що порівняно з молодими, старі люди втрачають більше 30 % світла через його поглинання в середовищі очей, особливо в кришталику ока.

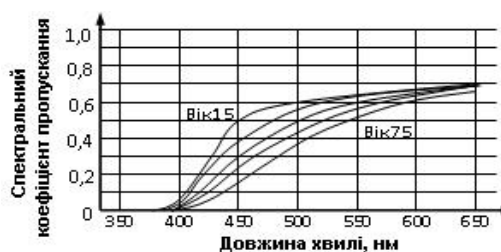


Рисунок 2 - Спектральний коефіцієнт пропускання ока в залежності від віку людини

У загальному випадку, так як криві спадають в ліву сторону, коефіцієнт пропускання для теплого білого світла вище, ніж для білого денного світла. По мірі старіння має місце зменшення коефіцієнта пропускання кришталика ока в короткохвильовій (синій) області спектра (що еквівалентно пожовтінню). Так як спектральна чутливість коефіцієнта впливу світла має максимум в синій частині спектра, а саме між 430 і 460 нм. Саме в цьому інтервалі особливо помітно вікове зменшення коефіцієнта пропускання. Так що літнім людям світла потрібно більше, ніж молодим, і навіть більше, ніж це випливає з результатів фотометричних вимірювань. Кришталік ока складається з протеїнових шарів. Невеликі неоднорідності цієї структури призводять до розсіювання світла по всій поверхні сітківки. Аналогічний негативний вплив надають і макромолекули які містяться в колоїдному розчині склоподібного тіла. В результаті цього формується розсіяне світло, яке накладається на створюване на сітківці зображення, починаючи з певної інтенсивності, цей ефект називають сліпучий блиск. Непрозорість кришталика з віком збільшується, що пов'язано як з дифузією червоних кров'яних тілець (еритроцитів) в тіло кришталика, так і з накопиченням центрів розсіювання. Тому літні люди більш чутливі до сліпучого блиску і відчують зменшення зорової працездатності і комфорту. Вікове погіршення зорової працездатності можна кількісно виразити за допомогою звичайних фотометричних величин, помножених на залежний від віку коефіцієнт ослаблення $w_{осл}$. Це означає, що для людини певного віку реальна ефе-

ктивна освітленість буде дорівнювати $E_{осл} = E \cdot w_{осл}$. Для компенсації пов'язаних з віком втрат світла обов'язкові мінімальні нижні межі фотометричних величин (таких, як наведені в EN 12464-1 значення підтримуваних рівнів освітленості) слід множити на коефіцієнт $1/w_{осл}$.

Дослідження показали, що при зростанні не візуальної дії світла коефіцієнт ослаблення зростає з ростом корелятивною колірної температури (T_k), тоді як у разі візуальної дії світла подібної залежності немає. Однак порівняння результатів, отриманих стосовно спектрів, що забезпечують $T_k = 5000^\circ\text{K}$ (випромінювання D50, F10 і F8 МКО), показують, що T_k не є єдиним чинником, що впливає на не візуальну дію світла. При заданій T_k ефективність впливу випромінювання люмінесцентних ламп виявляється аж до 20 % меншою в порівнянні з ефективністю впливу денного світла. Залежність від віку сильніше виражена в разі не візуальної дії світла, а це означає, що стосовно не візуальної дії світла освітленість сітківки за період між 25 і 65 роками зменшується в три рази. Якщо потрібно зберегти контрастну чутливість (видимість), то при переході від 25 до 65 років освітленість слід збільшити в два рази. За допомогою збільшення освітленості збереження гостроти зору забезпечити неможливо, так як дуже велика освітленість викликає відчуття сліпучого блиску. При цьому сумнівно, що збільшення освітленості може саме по собі повністю компенсувати обумовлене віком зменшення зорової працездатності. В інтересах людей похилого віку варто було б вибрати такий розподіл яскравості, який збільшував би яскравість фону і зменшував би створювану джерелом сліпучого блиску освітленість для того, щоб сліпучий блиск зберігався на характерному для 25-річних людей рівні, а освітленість очей 60-річної людини потрібно зменшити до 60 %. Вікове зменшення освітленості залежить від кута дії сліпучого блиску. Відносний вплив сліпучого блиску, створеного джерелами, один з яких спостерігається під кутом 15° , а другий знаходиться на лінії візування, піддається впливу віку найбільшою мірою (що не еквівалентне найбільшому впливу сліпучого блиску). При цьому не враховувалося, що зазвичай люди похилого віку носять окуляри, які можуть сприяти посиленню впливу сліпучого блиску).

Висновки. При виконанні зорових завдань багатовікові зміни зорової працездатності можуть бути компенсовані за рахунок підвищення освітленості. Однак зростаюча чутливість до сліпучого блиску вимагає зменшувати освітленість очей, а з точки зору не візуальної дії світла потрібно збільшувати яскравість об'єктів, що знаходяться в полі зору. На перший погляд, ці вимоги суперечать один одному. Показано, до якої міри старіння призводить потемніння і пожовтіння кришталика ока, зменшення діаметру зіниці і підвищення впливу сліпучого блиску внаслідок розсіювання світла в оці. Обґрунтовуються погляди, які показують, що для забезпечення того самого рівня гостроти зору, що і у молодих людей, в певних випадках освітленість слід збільшувати в два або навіть три рази.

Люди похилого віку більше молодих потребують освітлювального обладнання, що індивідуально на-

строюється, яке має давати людям похилого віку можливість привести освітлення у відповідність з їх діяльністю і часом доби - можливо, за допомогою настільної лампи або динамічного освітлення з адаптивною системою управління. В цілому, фізіологічні зміни очей літніх людей призводять до прогресуючої нездатності бачити об'єкти або колір і підтримувати здоровий ритм сну - неспання. Це можна частково компенсувати за допомогою відповідного рівня освітлення.

Список використаних джерел

1. Кунденко М. П. Електротехнології та електроосвітлення. Частина I. – Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко, Л. С. Червінський, І. М. Ковальчук [та інші]. – Х.: ХНТУСГ, Сім, 2015. – 264 с.
2. Figueiro M. G. Preliminary evidence for spectral opponency in the suppression of melatonin by light in humans / M. G. Figueiro, J. D. Bullough, R. H. Parsons, M. S. Rea // NeuroReport. - 2004. - V. 15. - P. 313-316.
3. Gall D. Die Messung circadianer Strahlungsgrößen / D. Gall // Tagung Licht Gesundheit. – Berlin, 26-27.02.2004.
4. Piazena N. Measurement of circadian effective radiation of natural and artificial sources / N. Piazena, D. Kockott, R. Sippel // 2nd CIE Expert Sump. on "Lighting and Health". - Ottawa, 2006.
5. Winn B., Whilaker D., Elliott D.B., Phillips N.G. Factors Affecting Light-Adapted Pupil Size in Normal Human Subjects / B. Winn, D. Whilaker, D. B. Elliott, N. G. Phillips // Invest Ophthalmol Vis Sci. - 1994. - P. 1132-1137.

Аннотація

ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ

И. М. Ковальчук, А. М. Бархатов, А. А. Румянцев

По мере старения человека происходит непрерывное ухудшение зрения, поэтому возникает необходимость в рассмотрении потребности пожилых людей в дополнительном освещении. При этом учитывается, что свет нужен не только для выполнения зрительных задач, а также для обеспечения биологического воздействия на глаз.

Abstract

LIGHTING PROBLEMS FOR ELDERLY PATIENTS

I. Kovalchuk, O. Barhatov, A. Rumyantsev

As aging is a continuous loss of vision because there is a necessity considering the needs of the elderly in additional light. This takes into account that the light need not only to perform visual tasks as well as for biological effects on the eye.