

УДК 628.973 (045)

¹І.А. Зеленков, канд. техн. наук
²Н.О. Вакула**ДИНАМІЧНІ РЕЖИМИ ОСВІТЛЕННЯ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**¹Кафедра електротехніки та світлотехніки, НАУ²Інститут електроніки та систем управління, НАУ, e-mail: fsu@nau.edu.ua

Розглянуто методику динамічної зміни освітлення у виробничих умовах. Запропоновано варіанти зміни інтенсивності освітлення протягом робочого дня і зміни спектру випромінювання штучного джерела світла за певним сценарієм зміни кольору в колориметричній системі RGB відповідно до зміни спектру випромінювання Сонця.

Вступ

На промислових підприємствах, крім природного сонячного освітлення, застосовується штучне електричне освітлення. Воно здійснюється за допомогою джерел світла і може функціонувати або постійно, або вмикатися з настанням сутінків. Тому до штучного освітлення постійно висувають вимоги, щоб воно як доповнення природного світла по можливості було подібне йому, оскільки світло є одним з елементів життєвого середовища, воно пов'язано з іншими елементами і всебічно діє на організм людини. Підвищення ефективності освітлювальних установок на виробничих підприємствах приведе до підвищення працездатності, а отже, і до підвищення продуктивності праці робочих.

Постановка завдання

Краще всього людиною сприймається натуральне світло. Отже, метою штучного освітлення є спроба максимально наблизитися до ідеального. Цього можна досягти за допомогою імітації денної динаміки природного освітлення. Натуральні різновиди світла освіжають і стимулюють вегетативні функції організму людини. Подібну атмосферу можна відтворити, динамічно змінюючи інтенсивність, колір і напрям світла. Основними питаннями, пов'язаними з динамікою освітлення, є встановлення оптимальних діапазонів змін освітлення, а також їх відповідності зміні інтенсивності освітлення і спектрального складу природного освітлення.

Обґрунтування розв'язку проблеми

Динаміка природного освітлення може розглядатися як зміна інтенсивності освітлення (рівня освітленості) в часі. Динаміка виникає під час зміни режиму освітлення в приміщенні за рахунок регулювання світлового потоку джерел світла і спектрального складу і кольоровості випромінювання. Властиві природному світлу постійні зміни світлинності, кольору, світлорозподілення тривалий час практично були відсутні або були небажаними при штучному освітленні.

Але позитивна дія динаміки природного світла на людей загальновідома.

Численними роботами доведено, що добові зміни умов освітлення є основою регулювання циркадних ритмів життєдіяльності. Нервова система людини реагує на світло, що потрапляє в очі, і посилає сигнали нашому біологічному годиннику, який, у свою чергу, регулює циркадальний (денний) і циркануальний (сезонний) ритми багатьох процесів в організмі людини. Важливими ритмами є, наприклад, цикли сну/підйому, безсоння, втоми, настрою і працездатності. Гормони кортизол і мелатонін відіграють істотну роль в управлінні безсонням і сном. Рівень кортизола підвищується вранці і тим самим готує тіло і мозок до денної активності. У той самий час рівень мелатоніна падає, знижуючи сонливість. До речі, багатьма дослідженнями було доведено, що освітлення сітківки пригнічує виділення мелатоніна. Проте рівні освітленості у виробничих приміщеннях звичайно значно нижче, ніж навіть їх мінімальні значення для природного освітлення. Освітленість при природному освітленні становить від 1000 до 5000 лк у похмурий день і досягає 100 000 лк у сонячний день як зображено на рис. 1. Світло у виробничих приміщеннях створює для людини світ позитивних чуттєвих емоцій і позитивних естетичних реакцій.

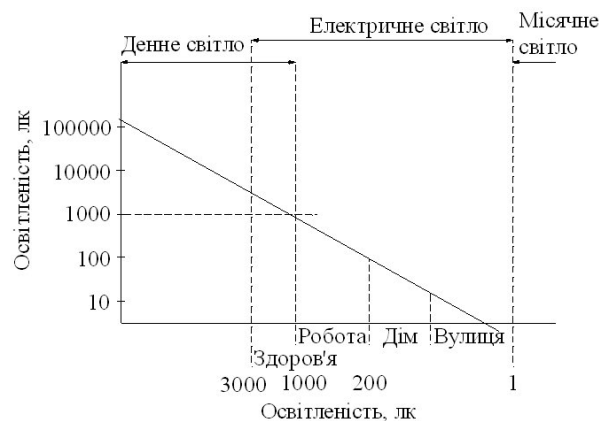


Рис. 1. Рівні освітленості і діяльності в повсякденному житті

Проте рівні горизонтальної освітленості в приміщеннях без денного світла становить тільки 100–500 лк, тоді як нормальний рівень освітлення для здоров'я 1000 лк [1]. При низьких рівнях освітленості очі напружуються, і швидко приходиться втома як очних м'язів, так і всього організму – знижується тонус і настрої. Такий стан, якщо він триває дуже довго або виникає дуже часто, веде до зниження гостроти зору, виникнення короткозорості, зменшення продуктивності праці.

Періодичне підвищення рівня інтенсивності освітлення протягом робочого дня на робочому місці хоча б до 1000–1500 лк дозволить зменшити стомлюваність робочого і підвищити його працездатність і життєвий тонус [2].

Ранок слід почати з високого рівня освітленості для підготовки тіла і розуму людини для діяльності протягом всього робочого дня (рис. 2).

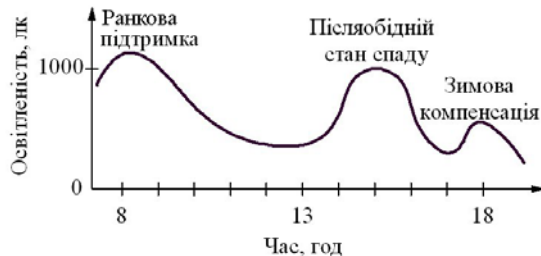


Рис. 2. Алгоритм освітлення приміщення протягом дня

Рівень освітленості також слід підвищувати до 1000 лк після обіду, під час післяобіднього занурення (післяобідній спад) для підвищення працездатності людини і його продуктивності праці в другій половині дня. Підвищення рівня освітлення в кінці робочого дня дозволяє уникнути збільшеної втоми особливо в зимовий сезон, коли в цей час на вулиці вже темно. Інша відмінність денного і електричного освітлення полягає в динаміці кольірної температури природної освітленості. Колір не тільки впливає на настрої і світлопочуття людини, з його допомогою можна також регулювати його емоції.

Доведено, що за допомогою кольірних тестів можна діагностувати деякі психічні захворювання, проводити кольірну терапію, покращувати самопочуття цілих колективів.

Фізіологічною дією на весь організм людини пояснюються явища, викликані червоним і синім кольорами, особливо при їх максимальній насиченості.

Червоний колір порушує нервову систему, викликає прискорення дихання і пульсу, активує роботу мускульної системи.

Помаранчевий і червоний кольори порушують зоровий і слуховий центри мозку, що викликає якби невелике підвищення гучності шумів.

Зелений і синій – заспокійливі кольори. Вони знижують збудження слухового центру і нервової системи.

У спектрі випромінювання Сонця подано всі кольори (рис. 3) [3].

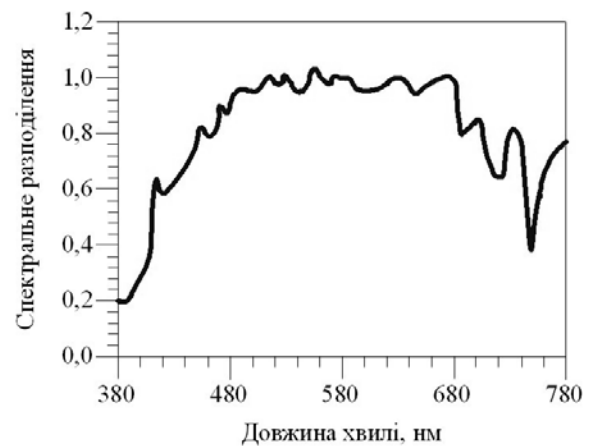


Рис. 3. Спектральний розподіл випромінювання Сонця

Тому слід прагнути до максимального наближення кольору штучного випромінювання до кольору природного випромінювання.

Якщо білому навколишньому світлу додавати прохолодні або теплі відтінки кольору відповідно до відтінків денного світла в певний час, то в цьому випадку колір світла контролюється залежно від послідовності кольорів світла Сонця.

Колір сонячного диска змінюється протягом дня від червоного у досвіті і під час заходу Сонця до холодного білого опівдні.

У табл.1 подано значення кольору сонячного диска в системі RGB.

Таблиця 1

Значення кольору сонячного диска в системі RGB при різних висотах Сонця

Координата кольоровості	Висота Сонця, град									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
R	245	246	247	249	251	255	255	255	255	255
G	255	255	255	255	255	253	245	230	191	34
B	239	239	237	235	230	222	204	166	101	0

Для візуалізації кольоровості диска Сонця аргументи функції RGB (red, green, blue) нормуються за максимальним значенням координати кольоровості, тобто

$$R = 255r / (rgb)_{\max};$$

$$G = 255g / (rgb)_{\max};$$

$$B = 255b / (rgb)_{\max},$$

де r, g, b – координати кольоровості в системі RGB; $(rgb)_{\max}$ – найбільша з трьох координат кольоровості даного елемента диска Сонця [4]. Координати кольоровості в системі RGB визначають за формулами:

$$r = \left(\frac{\int_{\lambda=380}^{780} L(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda}{L} \right);$$

$$g = \left(\frac{\int_{\lambda=380}^{780} L(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda}{L} \right);$$

$$b = \left(\frac{\int_{\lambda=380}^{780} L(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda}{L} \right),$$

де $L(\lambda)$ – спектральна енергетична яскравість елемента; $\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$ – питомі RGB-координати кольору [5]; L – сумарна яскравість елемента:

$$L = r + g + b.$$

Використовуючи ці значення, пропонуємо діаграму також у колориметричній системі RGB для імітації динаміки природного випромінювання. Протягом дня колір штучного випромінювання змінюватиметься від теплого білого кольору вранці до холодного білого всередині дня і знову до теплого білого до кінця робочого дня (табл. 2). Ця діаграма може мати безліч колірних варіацій, залежно від того, яку інтерпретацію природного освітлення ми бажаємо одержати.

Характеристики освітлення можемо задавати, враховуючи час доби, пору року, географічні характеристики освітлення. Різні умови фізичної і розумової роботи можуть впливати на ритми зміни як спектру, так і тривалості світлової картини. Таким чином, запропоновані алгоритм освітлення приміщення протягом дня і діаграма кольору освітлення в приміщенні протягом дня можуть змінюватися відповідно до типу промислового приміщення, а також відповідно до виконуваних робіт у ньому.

Людське око влаштоване так, що для нормально-го функціонування зору воно повинно здійснювати короткі хаотичні рухи по орбіті з частотою два рази в секунду, так звані саккади. Зорові образи підсвідомо фіксуються мозком. При цьому постійна зміна “картинки” діє заспокійливо, а її одноманітність, накопичуючись, дратує підсвідомість [6]. Отже, під час виконання зорових робіт підвищеної складності при відтворенні динамічної картини освітлення потрібно прагнути до якомога частішої зміни так званих світлових кадрів, тобто до частішої зміни кольору й інтенсивності випромінювання.

Промислове освітлення має бути високої якості, щоб гарантувати необхідну зорову працездатність людини, яка залежить від якості освітлення і від його власних “зорових можливостей”. У зв'язку з цим важливим критерієм є вік працівників, з підвищенням якого зростають вимоги до освітлення. На рис. 4 зображена залежність вимог до параметра освітленості, необхідної для читання книги, [7].

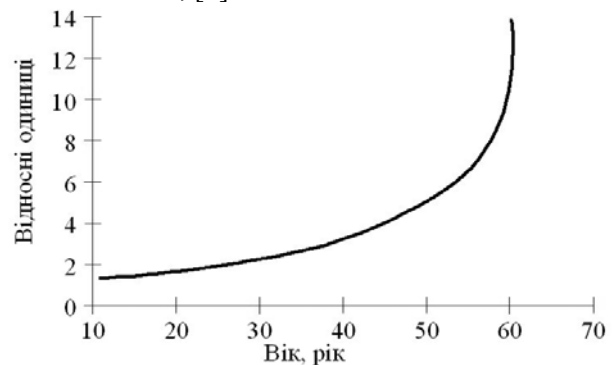


Рис. 4. Зв'язок між віком і вимогами до освітлення для читання якісно надрукованої книги

За результатами численних досліджень виявлено, що вагомий вплив на зорову працездатність має якість освітлення.

На рис. 5 зорова працездатність зображена як функція освітленості для виконання завдань підвищеної складності (взято до уваги вік) [7].

Поліпшення зорової працездатності призведе у свою чергу до підвищення продуктивності праці, що відображається у вищому КПД і меншій кількості помилок.

Таблиця 2

Пропонована діаграма кольору освітлення в приміщенні протягом дня, подана в системі RGB

Координата кольоровості	Час, год									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
R	255	255	255	249	246	247	251	255	255	255
G	230	245	253	255	255	255	255	253	245	230
B	166	204	222	235	239	237	230	222	204	166

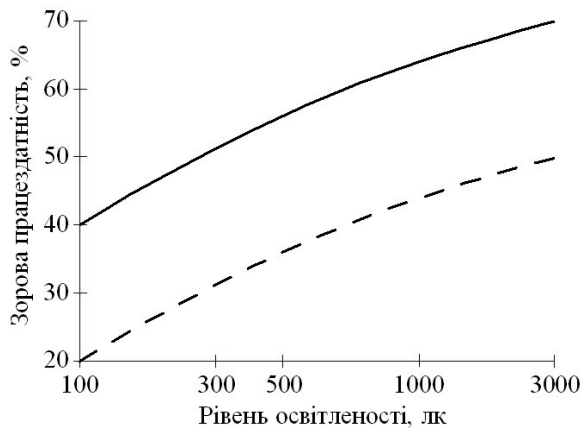


Рис. 5. Взаємозв'язок між відносною зоровою працездатністю і рівнем освітленості для виконання зорового завдання високої складності: суцільна лінія – молоді люди; пунктирна лінія – люди старшого віку

Тобто збільшення рівня освітленості від нормативного мінімального значення 300–500 до 1000–3000 лк призводить до зростання продуктивності праці більш ніж на 5 – 10 % [7].

Технічні умови для контролю запропонованої світлової послідовності може утілити в життя система управління світлом, яка дозволяє плавно регулювати силу світла і колір джерела, керуючись спеціально створюваною комп'ютерною програмою.

Висновок

Промислове освітлення повинно забезпечувати необхідну зорову працездатність людині, яка залежить не тільки від стану його зору, але і від якості освітлення.

Це досягається за рахунок динаміки освітлення. Змінюючи відповідно до почасового контролю інтенсивність, напрям і колір світла, досягається підвищення продуктивності праці робітника. Найбільш складною для технічного втілення є завдання зміни спектру випромінювання. У майбутньому передбачається використання світильників з кольоровими світлодіодами, інтенсивність і колір випромінювання яких відповідно до комп'ютерної програми змінюватиметься в певний час протягом дня.

Література

1. Геррит Ван ден Бельд. Свет и здоровье // Светотехника. – 2003. – №1. – С. 4–8.
2. Геррит Ван ден Бельд. Освещение и самочувствие человека // Светотехника. – 2004. – №6. – С. 11–14.
3. Dietrich Gall, Virginia Lapuente. Beleuchtungsrelevante Aspekte bei Auswahl eines förderlichen Lampenspektrums // Licht. – 2002. – №7–8. – S. 860–871.
4. Бахарев Д.В., Орлова Л.Н., Широбоков А.Ф. О визуализации спектральной модели безоблачного неба и Солнца // Светотехника. – 2000. – №4. – С. 30–34.
5. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
6. Константинов Дмитрий. Город с точки зрения видеозекологии, или “орнамент устал” // Иллюминатор. – 2003. – №2. – С. 40–44.
7. Ван Боммель В., Ван ден Бельд Г., Ван Оойжен М. Промышленное освещение и производительность труда // Светотехника. – 2003. – №1. – С. 8–12.

Стаття надійшла до редакції 04.07.05.

И.А. Зеленков, Н.А. Вакула

Динамические режимы освещения в производственных условиях

Рассмотрена методика динамического изменения освещения в производственных условиях. Предложены варианты изменения интенсивности освещения в течение рабочего дня и изменения спектра излучения искусственного источника света по определенному сценарию изменения цвета в колориметрической системе RGB в соответствии с изменением спектра излучения Солнца.

I.A. Zelenkov, N.A. Vakula

Dynamic modes of illumination in productions terms

The method of dynamic change of illumination is considered in productions terms. The variant of change of intensity of illumination is offered during a working day, and also variant of change of spectrum of radiation of artificial source of light on the certain scenario of discoloration in the colorimetry system of RGB in accordance with the change of spectrum of radiation of a Sun.