

RESEARCH OF LED LIGHT SOURCES ON UMCD

O. Pursky, R. Romanenko, N. Forostyana, M. Kryvoruchko

Kyiv national university of trade and economics

S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*UMCD (universal measuring computer device)
LED-lamps
light flux
flickering*

Article history:

Received 14.01.2021
Received in revised form
26.01.2021
Accepted 10.02.2021

Corresponding author:

Y. Onyshchenko

E-mail:

yaroslav_onyshchenko
@ukr.net

ABSTRACT

The aim of the study was to identify disadvantages of LED lamps, find out the reason of flickering and possibility of its elimination. The purpose also lied in generalization and systematization of obtained experimental data in the following areas: studying the lamps of different manufacturers for compliance of declared characteristics specified in their technical device passports with real characteristics.

On the UMCD basis, an installation was assembled to study the flickering effect of artificial light sources. The principle of UMCD operation is based on signals received from an analog-to-digital converter (ADC) and then transmitted to the computer via a USB port. The algorithm of electronic unit operation is set programmatically.

At the first stage of the research, the operation of an incandescent lamp, a fluorescent compact (energy-saving) lamp, a fluorescent linear (with a T8 cap) lamp and an LED (with a E27 and T8 caps) lamp was studied.

Comparative analysis of the flickering effect of different types of light sources showed that, with 100 Hz frequency, there was the following reduction of luminous flux: for a incandescent lamp (sample 1) — by 32%, a compact fluorescent lamp (energy saving one, sample 2) — by 12%, a linear fluorescent lamp — by 43%, a LED compact lamp (sample 4) — not recorded, a LED linear (sample 5) — within statistical accuracy, with non-systemic changes in surface luminance recorded.

Besides the flickering effect, a gradual increase in luminous flux for a compact fluorescent lamp was recorded, as well as flashes while turning on and off the LED lamp with a E27 cap.

The most probable reason of LED lamp flickering is mismatch or lack of a compensation capacitor in a lamp driver. Luminaries require compliance with certain input parameters. Improper driver voltage can cause LED lamp flickering.

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА УВКП

О. І. Пурський, Р. П. Романенко, Н. П. Форостяна, М. Ю. Криворучко
Київський національний торговельно-економічний університет

С. І. Літвінчук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження світлодіодних ламп. З'ясовано причини миготіння та можливості його усунення, узагальнено і систематизовано отримані експериментальні результати за такими напрямками: дослідити відповідність заявлених у паспорті характеристик ламп різних виробників реальним характеристикам приладу.

На основі універсального вимірювального комп'ютерного пристрою (УВКП) було зібрано установку для дослідження ефекту миготіння штучних джерел світла. Принцип роботи УВКП заснований на перетворенні сигналів датчиків вимірювання фізичних величин на цифрові дані та їх подальшій обробці. Алгоритм роботи електронного блока задається програмою.

На першому етапі досліджено роботу лампи розжарювання, люмінесцентної компактною (енергозберігаючої), люмінесцентної лінійної (на цоколь Т8) та світлодіодної на цоколь Е27 та Т8.

Порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла показав, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік: лампа розжарювання (зразок 1) — на 32%, компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча, зразок 2) — на 12%, лінійна люмінесцентна лампа (зразок 3) — на 43%, світлодіодна компактна лампа (зразок 4) — не зафіксовано, світлодіодна лінійна (зразок 5) — в межах статистичної похибки, зафіксовані несистемні зміни освітленості поверхні.

Окрім ефекту миготіння, зафіксовано поступове зростання світлового потоку компактною люмінесцентною лампою, а також спалахи при вмиканні та вимиканні світлодіодної лампи на цоколь Е27.

Найбільш імовірною причиною миготіння світлодіодної лампи є невідповідність або її відсутність компенсаційного конденсатора в драйвері лампи. Світильники вимагають дотримання певних входних параметрів. Невідповідна напруга драйвера здатна спричинити миготіння або мерехтіння світлодіодних ламп.

Ключові слова: УВКП (універсальний вимірювальний комп'ютерний пристрій), LED-лампи, світловий потік, миготіння.

Постановка проблеми. В останні роки LED-лампи широко використовуються для зовнішнього, внутрішнього, точкового й акцентованого освітлення. Вдало вписуючись у загальну «хвилю» енергозбереження, світлодіодні лампи набувають популярності завдяки своїй перевазі над люмінесцентними аналогами за багатьма параметрами. На сьогодні світлодіоди мають чимало унікальних характеристик, що поєднують в собі кращі якості інших джерел світла. Безсумнівно, світлодіод не є панацеєю, однак наявні технології поступово вирішують основні

проблеми штучного освітлення. Нашу увагу привернули деякі розбіжності між заявленими характеристиками ламп і їх реальними можливостями під час вивчення «Фізики» та «Електротехніки» студентами галузі знань «Інформаційні технології». Тому встановлення недоліків LED-ламп, про які практично ніхто із виробників не вказує у паспортах приладів, є актуальним.

Популярність світлодіодних ламп (LED) обумовлена низкою об'єктивних чинників:

- тривалий термін експлуатації, дуже низький рівень енергоспоживання, висока світловіддача, широкий діапазон відтінків кольору;

- відсутність пульсації світлового потоку, але лише при застосуванні якісного електронного блоку (драйвера);

- LED-лампи перетворюють електричний струм у світлове випромінювання більш ефективно, ніж традиційне джерело світла — лампа розжарювання;

- LED-лампи, уникаючи втрат енергії на етапі утворення світлового випромінювання, зводять витрати електроенергії до мінімуму;

- LED-лампи як джерело світла доцільно застосовувати в системах, які вимагають жорсткого контролю над заощадженням електроенергії у зв'язку з тривалістю і масштабністю використання. Наприклад, при організації декоративного освітлення;

- світлодіодні лампи можуть використовуватися в модульних освітлювальних системах, при цьому вигорання одного або декількох світлодіодів незначно відіб'ється на загальній світловіддачі системи, тому негайна заміна LED-лампи не потрібна;

- світлодіодні лампи як безпечне джерело світла застосовуються при організації освітлення в складних умовах, таких як підсвічування водойм і фонтанів [1].

Інфрачервоне випромінювання також невластиве світлодіодним лампам. Це вже було підтверджено, оскільки вони не є джерелами перешкод для датчиків або камер, які працюють на основі цієї технології [2].

На відміну від інших джерел світла, світлодіоди виділяють мінімальну кількість тепла, більша частина з якого поглинається алюмінієвим рефлектором. З огляду на це вони набагато безпечніші за лампи розжарювання або галогенні лампи, які розжарюються так, що дотик до них може спричинити опік.

На відміну від люмінесцентних ламп, які часто ще називають енергозберігаючими, світлодіодні не вимагають спеціальної утилізації, адже не містять парів ртуті. Світлодіодне освітлення кімнати є повністю безпечними. Наявність важких металів у мікросхемах не перевищує кількості, яку можна знайти в будь-якому іншому побутовому приладі в будинку, що не є безпосередньою загрозою для здоров'я.

Для зменшення загрози травм деякі виробники люмінесцентних ламп оточують трубки силіконовим чохлам, але це знижує світловий потік і підвищує вартість лампи. Світлодіодні лампи виготовляються, в основному, з пластику. Проте деякі виробники світлодіодних ламп виготовляють розсіювальний ковпак із скла, тому в процесі експлуатації слід бути обережним.

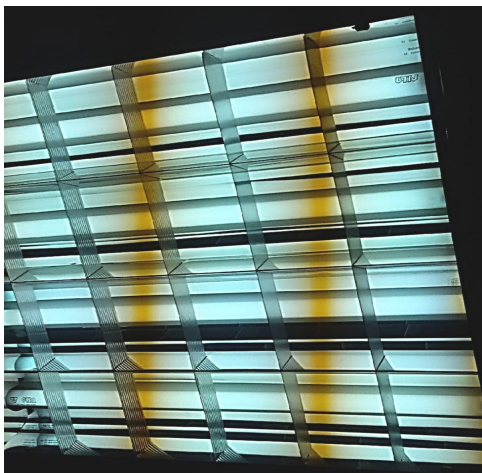
Без використання спеціальних драйверів світлодіоди будуть миготіти зі швидкістю 100 разів у секунду, що неможливо помітити, але це загрожує безпосередньо нервовій системі людини.

Щоб уникнути цього, світлодіодну продукцію необхідно купувати тільки в спеціалізованих магазинах і перевіряти супровідні сертифікати якості. Дешеві контрафактні лампочки, зазвичай, не мають такого важливого для здоров'я компоненту. Миготіння світла та причини його виникнення обумовлені інерцією зору: якщо частота зміни образів становить приблизно 16 Гц (або більше), образи зливаються в один безперервний рух.

При висвітленні рухомих або обертових предметів пульсуючим світловим потоком може з'явитися стробоскопічний ефект, пов'язаний із спотворенням зорового сприйняття. Світловий потік, що випромінюється джерелом світла, змінюється за величиною, слідуючи за змінами струму через лампу. Отже, світловий потік лампи пульсує з подвійною частотою, якщо порівняти з частотою мережі.

При роботі з лампами розжарювання ми не помічаємо пульсації світлового потоку через теплову інерційність нитки розжарювання. Люмінесцентні лампи не володіють такою інерційністю, тому припинення струму в них призводить до негайного погасання розряду і зникнення світіння лампи. Люмінофори мають властивість післясвітіння, тобто протягом певного проміжку часу після припинення їх опромінення ультрафіолетовим випромінюванням вони продовжують випромінювати видиме світло, що згладжує пульсацію світлового потоку лампи [3].

Для різних типів люмінофорів час та інтенсивність післясвітіння різні. Інтенсивність пульсації світлового потоку, створюваного люмінесцентними лампами, також залежить від тривалості початкової і кінцевої пауз струму, які, у свою чергу, визначаються типом баласту. Приклад пульсації люмінесцентних газорозрядних ламп на цоколі Т8 наведено на рис. 1.



а) пульсація світильника



б) пульсація однієї лампи

Рис. 1. Пульсація газорозрядних ламп у лабораторії фізики КНТЕУ

Фотографії було зроблено на камеру мобільного телефону, яка працює із частотою 22 Гц.

Світлодіоди працюють від блоку живлення (драйвера), який має видавати постійний струм, що унеможливує виникнення ефекту миготіння. Проте виробники часто економлять на електронних компонентах (компенсаційних конденсаторах), що призводить до зниження світлового потоку лампи в той момент часу, коли миттєве значення напруги в мережі падає до 0 В. А оскільки в Україні промислова частота коливання напруги в електромережі — 50 Гц, то миготіння у світлодіодних джерелах світла повинно бути з частотою 100 Гц.

Теоретично, при випромінюванні монохроматичними світлодіодами і відсутності компенсаційних конденсаторів, світловий потік повинен зменшуватись майже до «0» — 100 разів на секунду. Однак використання люмінофорів для формування білого світла в світлодіоді значно зменшує цей ефект [4].

Мета дослідження: узагальнити і систематизувати отримані експериментальні дані за такими напрямками:

- дослідити лампи різних виробників на відповідність заявлених характеристик, указаних в паспорті приладу, реальним його характеристикам;
- виявити недоліки світлодіодних джерел світла;
- з'ясувати причини виникнення миготіння світлодіодних ламп;
- провести порівняння ефекту миготіння штучних джерел світла основних типів різних виробників.

Викладення основних результатів дослідження. Світлодіод, або світлови-промінювальний діод — напівпровідниковий прилад з електронно-дірковий перехо-дом, що створює оптичне випромінювання при пропусненні через нього електричного струму в одному напрямку [1].

Для фіксування світлового потоку було використано Універсальний вимірю-вальний прилад (УВКП), що складається з електронного блока, набору датчиків та програмного забезпечення для сумісної роботи з персональним комп'ютером.

Електронний блок виготовлено в металевому або в пластмасовому корпусі. На верхній поверхні корпусу розташовано чотири входи типу DB-15, призначені для підключення зовнішніх пристроїв (аналогових і цифрових датчиків, а в нашому випадку — люксметрів) [6].

На правій боковій поверхні корпусу знаходиться вхід типу USB-B для під-ключення до комп'ютера. Обмін даними між комп'ютером та електронним бло-ком, а також живлення електронного блока і датчиків, які входять до комплекту поставки, здійснюється через з'єднувальний шнур USB A-B, який входить до комплекту поставки.

Принцип роботи УВКП заснований на перетворенні сигналів датчиків вимі-рювання фізичних величин на цифрові дані та їх подальшій обробці. Сигнали від аналогових і цифрових датчиків підключаються до відповідних входів електро-нного блока. Із входів сигнали подаються на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Дані, отримані від АЦП через порт USB, передаються до комп'ютера. Алгоритм роботи електронного блока задається програмно.

На основі УВКП було зібрано установку для дослідження ефекту миготіння штучних джерел світла. Фотографія дослідної установки наведена на рис. 2 і 3.



Рис. 2. Установка для дослідження ефекту миготіння ламп

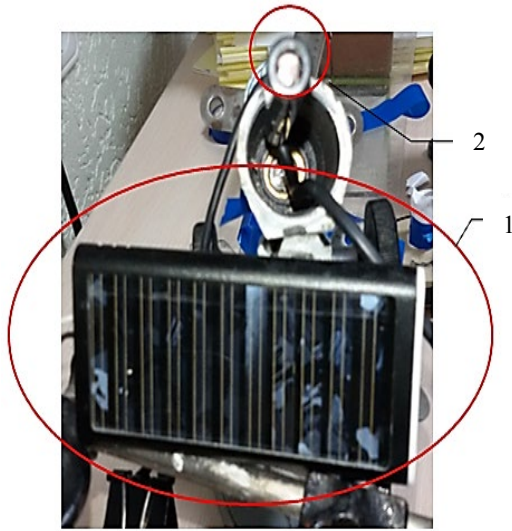


Рис. 3. Датчики люксметрів, що використовувалися в дослідженні:
1 — люксметр № 1 (оригінальної конструкції);
2 — люксметр № 2 (промислового виробництва)

При роботі люмінесцентної лампи в моменти її включення випромінюються електромагнітні хвилі, які лежать у діапазоні радіочастот, що можуть створювати радіоперешкоди. Тому при розробці схеми установки було вжито заходів щодо зниження рівня радіоперешкод пуско-регуляційною апаратурою. Використано два датчики освітлення [7].

Люксметр 1 (оригінальної конструкції) складається із кремнієвого фотоелемента в металевому корпусі, ватметра та навантаження. Частота роботи датчика — 250 Гц.

Люксметр 2 (направленої дії) вироблено ТОВ «ІТМ», м. Харків. Він має екранування алюмінієвою фольгою та прихований у корпусі фотоелемент. Цей датчик не пристосований до визначення рівня освітленості, а використовується для запуску експериментів за різкою зміною світлового потоку. Тому його показники значно відрізняються як від люксметра 1, так і залежно від спектра світла лампи [8].

Безумовною перевагою люксметра 1 є можливість зняття показників із частотою до 10 000 Гц. Проте, оскільки максимальна частота роботи вимірювального блоку складала 5000 Гц, а теоретична частота миготіння — 100 Гц, було вирішено знімати дані з частотою 50 Гц.

Показники обох люксметрів фіксувалися паралельно. Таке дублювання даних необхідне у разі збоїв даних, викликаних електромагнітними спалахами електроніки ламп.

На першому етапі досліджень досліджено роботу лампи розжарювання, люмінесцентної компактної (енергозберігаючої), люмінесцентної лінійної (на цоколь Т8) та світлодіодної на цоколь Е27 та Т8.

Дані щодо досліджуваних зразків наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики ламп, що були використані на першому етапі дослідження

№	Тип лампи	Виробник	Потужність, Вт	Цоколь	Примітка
1	Розжарювання	Іскра	60	E27	
2	Люмінесцентна	Megaman	15	E27	Наявність розсіювача світла
3	Люмінесцентна	Pila	18	T8	Працювало одночасно 2 лампи
4	Світлодіодна	Osram	10	E27	
5	Світлодіодна	Optima	18	T8	

Усі досліди проводилися в приміщенні із закритими шторами в темну пору доби. Яскравість монітора дослідної установки була виставлена на мінімум.

Результати експерименту із почергового вмикання різних джерел світла наведено на рис. 4.

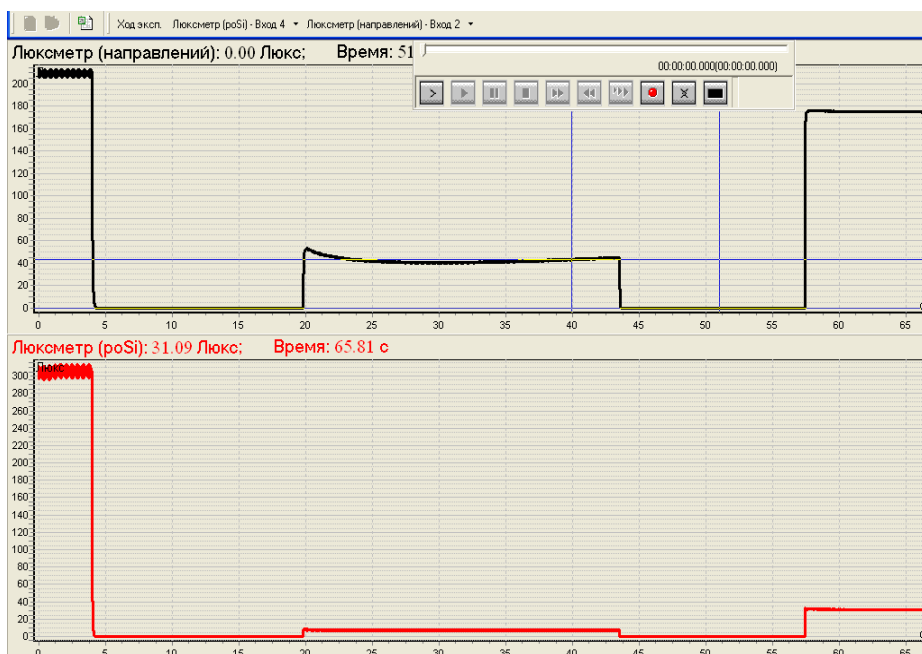


Рис. 4. Результати послідовного вмикання різних джерел світла

На рис. 4 можна виділити три ділянки: 1 — робота лампи розжарювання, де чітко видно коливання показників люксметрів (миготіння лампи), амплітуда якого сягає 9% від значень показника освітленості; 2 — робота люмінесцентної лампи, де ефекту миготіння не видно, але відбувається спалах у момент вмикання, а потім поступове нарощування освітленості; ділянка 3 — робота світлодіодної лампи.

Під час наступного експерименту досліджено кожен зразок окремо. Результати коливань освітленості поверхні під час роботи різних джерел світла наведено на рис. 5—9.

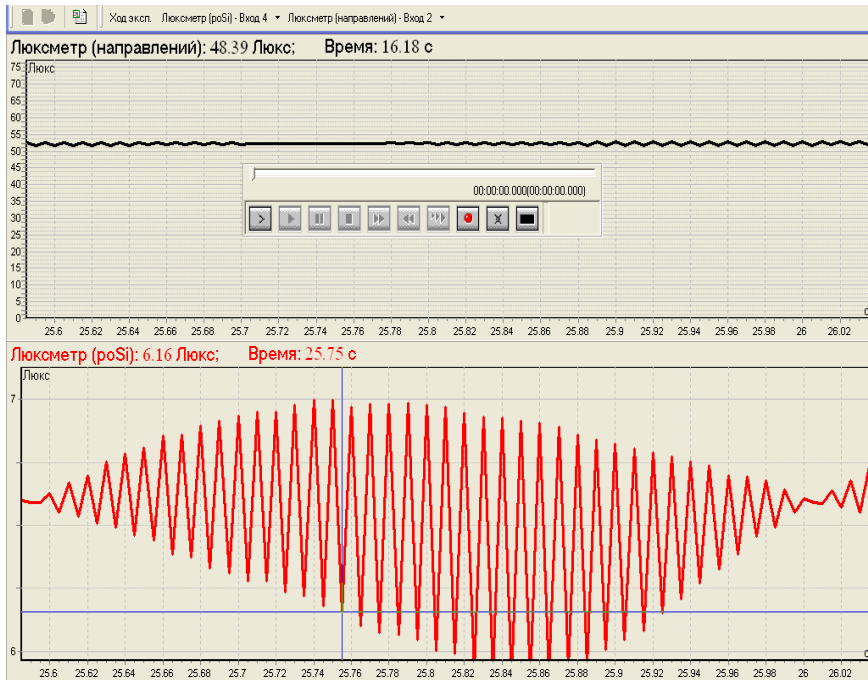


Рис. 5. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 1 (лампа розжарювання)

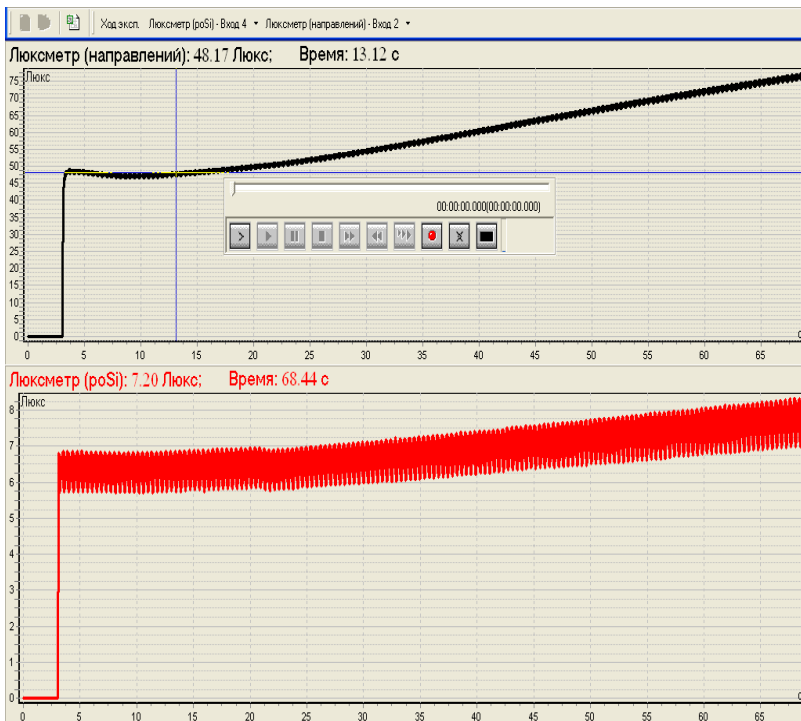


Рис. 6. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 2 (люмінесцентна лампа)

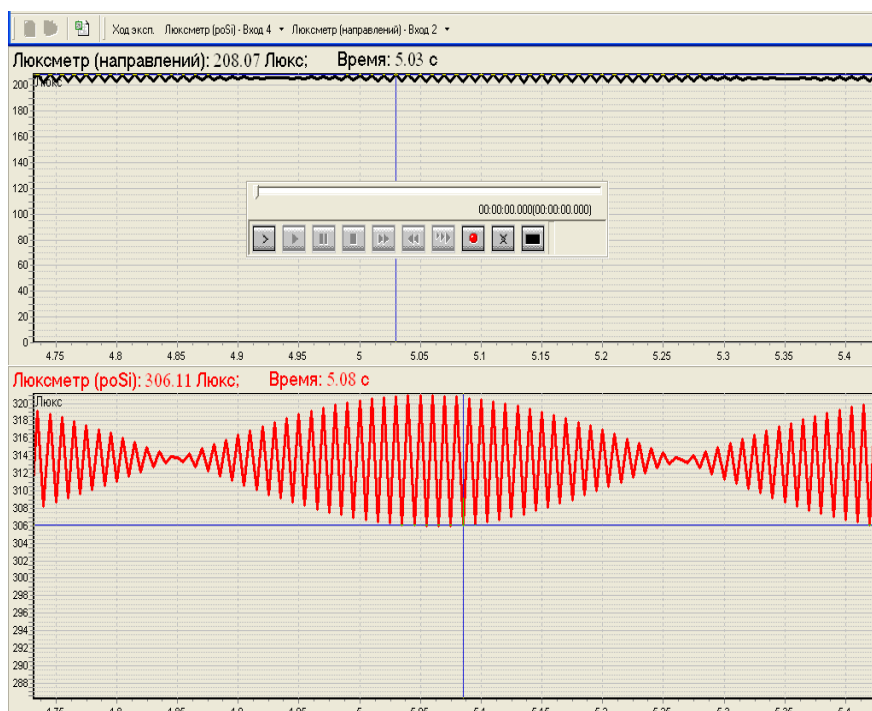


Рис. 7. Зміна освітленості поверхні при роботі зразка № 3 (люмінесцентна лампа T8)

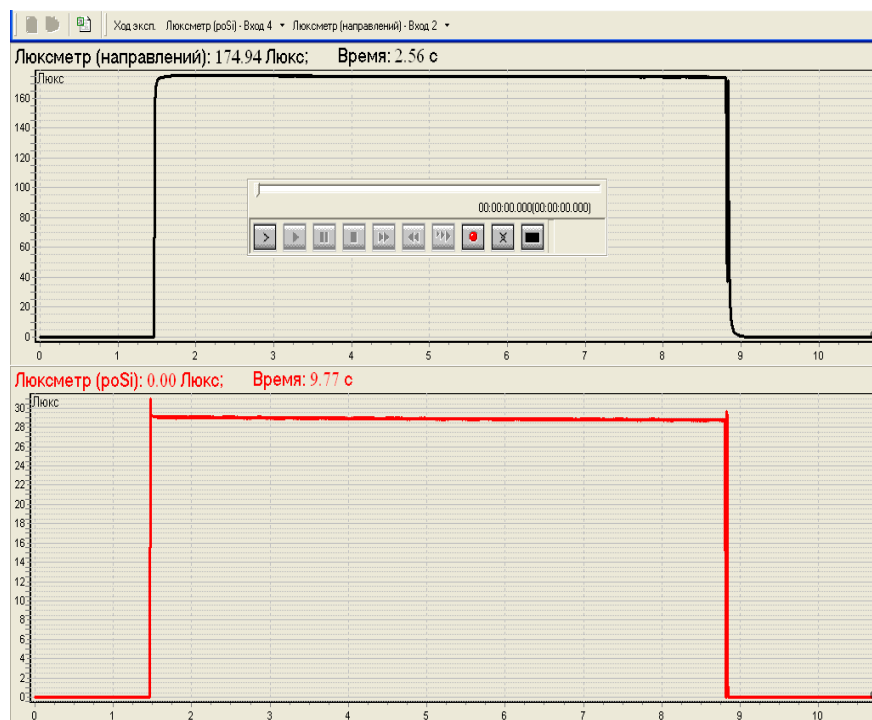


Рис. 8. Зміни освітленості поверхні при роботі зразка № 4 (світлодіодна лампа)

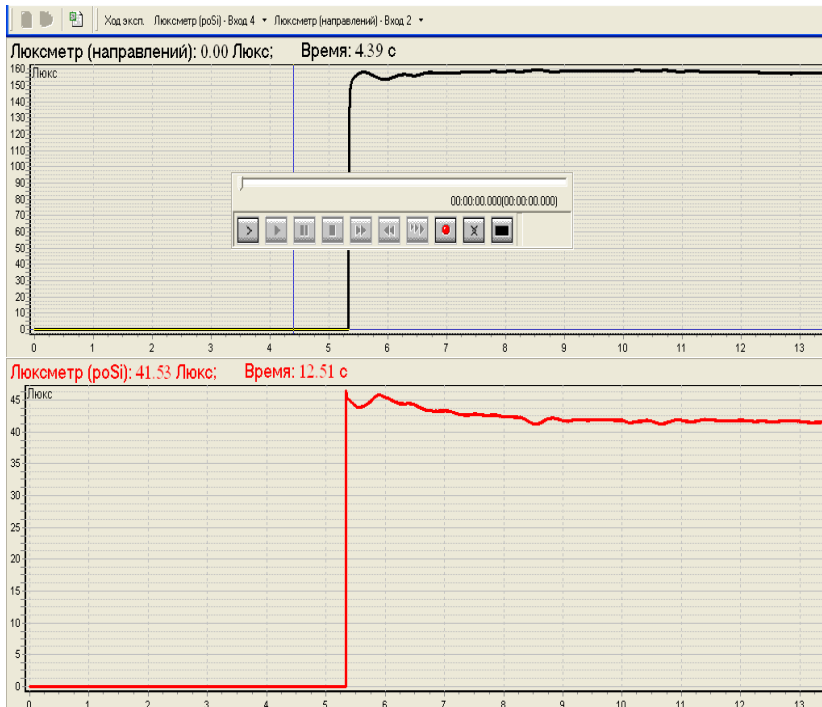


Рис. 9. Зміни освітленості поверхні при роботі зразка № 5 (світлодіодна лампа Т8)

Слід зазначити, що зміна освітленості поверхні лінійною світлодіодною лампою (на цоколь Т8) відбувалися через особливості установки і не мали певної частоти.

Порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла показав, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік:

- лампа розжарювання (зразок 1) — на 32%,
- компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча, зразок 2) — на 12%,
- лінійна люмінесцентна лампа (зразок 3) — на 43%,
- світлодіодна компактна лампа (зразок 4) — не зафіксовано.
- світлодіодна лінійна (зразок 5) — у межах статистичної похибки, зафіксовані

несистемні зміни освітленості поверхні.

Окрім ефекту миготіння, зафіксовано поступове зростання світлового потоку компактною люмінесцентною лампою (рис. 6), а також спалахи при вмиканні та вимиканні світлодіодної лампи на цоколь Е27 (рис. 9).

Характеристики світлодіодних ламп, використаних на другому етапі дослідження, наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики ламп світлодіодних ламп, що були використані на другому етапі дослідження

№	Виробник	Заявлений світловий потік, Лм	Заявлена потужність, Вт	Тип діодів	Цоколь
1	2	3	4	5	6
1	Feron	540	7	STM	E 27
2	Electrum	460	5	COB	E 27

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
3	Maxus	1200	12	STM	T8
4	Osram	806	9,5	STM	E 27
5	Eajer*	—	4	STM 5050	GU10

Примітка: * не можна сказати з упевненістю, що це торговельна марка, але це був єдиний напис на корпусі, окрім значень напруги.

Зразки 1—4 були куплені в магазинах м. Києва, зразок № 5 — куплений на сайті оголошень AliExpres безпосередньо в Китаї влітку 2013 року. Загальний час роботи зразка № 5 — до 2 год (лампа не використовувалась за призначенням).

Результати дослідження миготіння світлодіодних ламп показали, що всі зразки, окрім № 5, зменшували рівень освітленості поверхні менш ніж на 0,4%, що лежить у межах статистичної похибки вимірювань. Графіки рівня освітленості нагадували рис. 8, і не несли інформаційного навантаження, тому ми вирішили їх тут не наводити.

У зразку № 2 не прослідковувалось миготіння взагалі. Коливання, що фіксувалися, не мали певної частоти. Очевидно, це пов'язано із використанням COB — світлодіодів, що мають велику площу, вкриту люмінофором [9].

Результати дослідження миготіння зразка № 5 наведено на рис. 10.

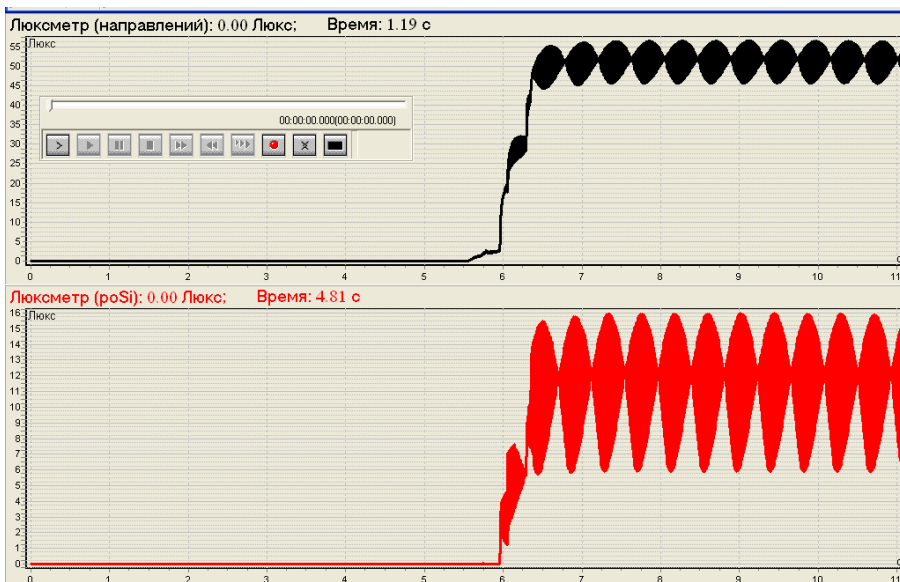


Рис. 10. Фіксація показників освітленості поверхні у процесі вмикання і роботи світлодіодної лампи ТМ «Eajer»

На рис. 10 чітко видно, що амплітуда коливань сягає 50% рівня освітленості. Причому зменшення світлового потоку в 1,5 раза більше, ніж його зростання. Процес вмикання лампи також супроводжувався миготінням, що чітко видно на ділянці 1 (рис. 10).

Використання таких ламп, як основного джерела світла може призвести до погіршення зору, швидкої втомлюваності та інших негативних наслідків для

організму людини, адже в природі, де ми еволюціонували мільйони років, немає джерел світла, що зменшують свою інтенсивність на 50% 100 разів на секунду [10].

Відповідно до літературних даних [10—12], найбільш імовірною причиною миготіння світлодіодної лампи може бути невідповідність або її відсутність компенсаційного конденсатора в драйвері лампи.

Другою причиною мерехтіння світлодіодних ламп є неправильна напруга на діодах. Світильники вимагають дотримання певних вхідних параметрів. Невідповідна напруга драйвера здатна спричинити миготіння або мерехтіння світлодіодних ламп. Для усунення несправності необхідно перевірити вхідну напругу драйвера, що можна зробити, лише розібравши лампу. В такому разі гарантійні зобов'язання виробника нівелюються. Та й споживач не повинен, заплативши кошти, коригувати роботу електроніки лампи.

Мерехтіння світлодіодних ламп виникає в тому випадку, якщо світильник не призначений для конкретного навантаження світлорегулятора, драйвер несумісний з його керуючою схемою. Слід звернутися увагу на упаковку і з'ясувати, чи драйвер лампи надає можливість її регулювання і, якщо так, які пристрої з ним сумісні. Наші дослідження проводилися без використання драйверів і світлорегуляторів [11].

Для правильного функціонування цих елементів керування іноді потрібна наявність мінімальної номінальної потужності. Наприклад, блок управління датчика присутності може вимагати наявності навантаження, що дорівнює як мінімум 20 Вт, а світлодіод споживає тільки 10 Вт. Щоб усунути мерехтіння світлодіодних ламп, у ланцюг потрібно додати додаткові пристрої, які збільшать потужність навантаження до необхідної для нормальної роботи пристрою, або замінити блок управління датчика присутності чи драйвера на інший, з більш помірними вимогами до споживаної потужності.

Мерехтіння світлодіодних ламп можна усунути, виконавши такі дії:

- звернутися до технічних характеристик світильників для визначення еквівалентної навантаження;
- якщо світловий потік регулюється, то видалити димер з лінії живлення лампи і з'ясувати, чи вирішить це проблему;
- розділити лампи на декілька ліній, які підключити до різних фаз;
- застосувати в одному приміщенні лампи різних виробників;
- купувати лампи в магазинах, попередньо перевіривши ефект миготіння за допомогою камери мобільного телефону, як показано на рис. 1.

Висновки

Дослідження показали, що до шкідливих для здоров'я людини факторів у світлодіодних лампах можна віднести лише ефект миготіння, який призводить до погіршення зору та додаткового навантаження на нервову систему.

У результаті аналізу причин виникнення ефекту миготіння встановлено, що частіше за все світлодіодні лампи миготять через невідповідну напругу живлення та неякісний електронний блок (драйвер).

Проведено порівняльний аналіз ефекту миготіння різних типів джерел світла і встановлено, що із частотою 100 Гц знижують світловий потік: лампа розжарювання — на 32%, лінійна люмінесцентна лампа — на 43%, компактна люмінесцентна лампа (енергозберігаюча) — на 12%, світлодіодна лінійна і компактна лампи — в межах статистичної похибки.

Під час перевірки ефекту миготіння світлодіодних ламп доведено, що лише лампа невстановленого виробника знижувала світловий потік із частотою 100 Гц на 55%. Інші лампи, які ефекту миготіння не мали, знижували світловий потік на величину, що знаходиться у межах статистичної похибки.

Отже, світлодіодні джерела світла максимально безпечні як для здоров'я, в цілому, так і для очей зокрема [12]. Ефект миготіння, характерний для ламп деяких виробників, легко фіксується на камеру мобільного телефону у вигляді горизонтальних смужок.

Література

1. Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації»/ ДП «Харків стандарт метрологія» провело експертизу світлодіодних (LED) ламп. URL: <http://khsms.com/news/one/news/type/id/78/lang/ua>.
2. Шкода від світлодіодної лампи: міф чи правда? URL: <http://dimcad.in.ua/чи-шкідливі-світлодіодні-лампи>.
3. Polynet — Корисні поради / Що таке стробоскопічний ефект. URL: <http://polynet.com.ua/shho-take-stroboskopichnij-efekt.html>.
4. Зонов М., Смольняков А., Зонова Е. Светодиодное освещение в промышленном птицеводстве. *Животноводство*. 2011. С. 15—17.
5. Choi Robert S., Kwai Kong C., and Choi Oong. Battery-powered flashing superluminescent light emitting diode safety warning light. U.S. Patent. 1994. 17 May. No. 5, 313, 187.
6. Універсальний вимірювальний прилад. Датчики. ТОВ «Фірма ІТМ». URL: <http://itm.com.ua/datchiki>.
7. Романовський І. Я., Форостяна Н. П., Романенко Р. П. Фізика та методи дослідження сировини і матеріалів. Лабораторний практикум: Навчально-методичне видання. К.: КНТЕУ, 2010. 180 с.
8. Шаповал С. Л., Форостяна Н. П., Литвинов Ю. В., Романенко Р. П. Рекомендації до виконання науково-дослідних робіт на УВКП: лабор. практикум. К.: Київ. нац. торг.-екон. університет, 2013. 96 с.
9. Goldston Mark R., Bemis Jon L., and Rapisarda Carmen C. Footwear with flashing lights. U.S. Patent. 2000. 25 Jan. No. 6, 017, 128.
10. Шкода світлодіодного освітлення. URL: <http://montagnik.com/domovedenna/745-chkoda-svitlodiodnogo-osvitlena.html>.
11. Лампа світлодіодна: мерехтіння і інші проблеми. Як усунути мерехтіння світлодіодних ламп? URL: <http://поради.pp.ua/tehnika/2567-lampa-svtlododna-merehtnnya-nsh-problemi-yak-usunuti-merehtnnya-svtlododnih-lamp.html>.
12. Щербак І. Б. Офтальмологи заговорили о важности медицинского тестирования светодиодных ламп. *Український медичний часопис*. 2016. URL: <https://www.umj.com.ua>.