

ВИМОГИ ДО СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИ ВРАХУВАННІ ФЛІКЕР-ЕФЕКТУ

Волкова О. Ю., Румянцев Д. В.

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова**Проведені дослідження свідчать про необхідність врахування флікер-ефекту при проектуванні систем зовнішнього освітлення та ефективному використанні енергоекономічних джерел світла.*

Сучасний стан енергозбереження в системах зовнішнього освітлення. На сучасному етапі розвитку енергоменеджменту стає питання впровадження заходів по енергозбереженню та енергоефективності. В системах освітлення ці питання вирішуються за рахунок впровадження енергоекономічних джерел світла. Але не раціональне використання світильників на основі енергоекономічних джерел світла, зокрема світло діодів, зводить до мінімуму весь економічний ефект від впровадження цих джерел світла. Тому стає питання дослідження впровадження енергоекономічних джерел світла при створенні ефективного світлового середовища на вулицях міст з урахуванням нормативних показників. Щорічно підприємствами, що експлуатують системи зовнішнього освітлення розробляються та впроваджуються "Програми" очікуемого умовного енергозбереження. Це забезпечує якісне та енергоефективне зовнішнє освітлення. Згідно до програми "Розвитку та вдосконаленню систем зовнішнього освітлення м. Харкова" було встановлено світильники на основі світлодіодів на вулицях нашого міста. Але з'явилась необхідність в їх дослідженні щодо відповідності нормативним базам по проектуванню зовнішнього освітлення та створенню комфортного світлового середовища для водіїв.

Необхідність врахування флікер-ефекту в умовах дорожнього руху. Завданням нормування освітлювальних установок є забезпечення виконання зорової роботи спостерігача при оправданих витратах енергоносіїв. Тому при регламентації рівня якісних та кількісних характеристик умов освітлення необхідно спиратися на принципи роботи ока в умовах різного розподілення яскравості в полі зору. При роботі освітлювальних установок (ОУ) дорожнього освітлення у водіїв можуть виникати дискомфорт та зорова втома, що викликається не засліплючою дією фар зустрічних машин, світящихся елементів світлових приладів або яскравістю світлової реклами, а лише простою зміною розподілення освітленості впродовж дороги, яке створює так звані "темнові ями". Залежність зорової адаптації від часу зміни освітленості доріг для водіїв може виявитися критичною тому, що адаптація від темного до світлого фону займає суттєвий час. Дратуючі монотонні мерехтіння яскравих частин освітлювальних приладів та нерівномірність яскравості дорожнього покриття призводять до виникнення флікер-ефекту, що є аналогічним до флікер-ефекту в освітлювальних установках стаціонарної дії при коливаннях напруги живлення.

Аналізувати залежність флікер-ефекту від швидкості руху автомобіля, відстані між опорами, коефіцієнта нерівномірності яскравості дорожнього покриття

при штучному освітленні, показника засліпленості є край необхідним.

Так зміна освітленості на дорозі від одного значення до іншого для водіїв автотранспорту може створювати так званий "флікер-ефект". Він обумовлений зміною значення світлового потоку в часі із визначеною частотою та амплітудою.

Загальні відомості про флікер-ефект. Нечасті коливання світлового потоку в меншому ступені впливають на людину, а високочастотні вже не фіксуються зором. Тому слід враховувати поріг розрізнення та поріг подразнення. За різними даними постійна інерція зору знаходиться в межах від 0,015 до 0,2 секунд. Швидка адаптація відбувається в межах десятків мілісекунд. Постійна інерція повільної адаптації 70 секунд, а про швидку в літературі нема ніяких даних. Як наведено в [1] рівень сприйняття світла, що виникає у людини, пропорційний щільності світлового потоку на сітківці в зоні зображення об'єкта, який у свою чергу визначається яскравістю об'єкта, що роздивляється. Око має дуже високу чутливість до сприйняття яскравості. В умовах повної темряви око може розпізнавати об'єкт (кутового розміру $\alpha > 50^\circ$), яскравість якого перевищує 10^{-6} кд/м² (абсолютний поріг яскравості) [1]. Величина порогового контрасту зменшується із збільшенням яскравості фону, що пояснюється більш повільним ростом порогової різниці яскравості у порівнянні з ростом яскравості фону. В загальному випадку при визначенні необхідного рівня освітленості слід враховувати і час розпізнавання об'єкта. На практиці розподілення яскравості в полі зору спостерігача далеко не рівномірне, тому слід враховувати, що втома не проявляється миттєво. Для розгляду цього питання може бути введено поняття тривалість накопичування та постійна часу втоми T_y . Основним ланцюжком в алгоритмі розрахунку зорового флікер-ефекту, як кількісної оцінки, що інтегрально визначає зорове сприйняття коливань освітленості, є амплітудно-частотна характеристика [2].

Із експериментальних досліджень відомо, що при оцінці втоми при коливаннях, які суб'єктивно не сприймалися спостерігачем, втома настає швидше. При стрибкообразних змінах яскравості δL поріг замінності буде складати $\delta L/L$, при більших значеннях освітленості залишатися постійним і дорівнювати 0,01. При нормальних умовах, коли $L=1$, порогоу замінності відповідає розмах коливання δL рівний 0,01 відносних одиниць або 1%. [3]. Отримана допустима доза флікера виражена в (%)² яскравості або напруги, яка складає 0,021%, може бути використана для любых форм перешкод та любых джерел світла. Відомо, що при проведенні експериментів з лампою розжа-

рення 150 Вт та напругою мережі 220 В від перешкод за термін 10 хвилин, час втоми складає $T_v = 4,4$ хв. Враховуючи, що освітленість для дифузної розсіяючої поверхні прямо пропорційна до яскравості, то можна вважати, що на проїзній частині дороги можуть виникати і надмірні коливання яскравості, які викликають додаткову втому вже і через менший проміжок часу.

Доза флікера характеризує накопичування за момент часу $T = 10$ хвилин додаткової втоми, яка викликана зміною яскравості в полі зору спостерігача.

Нормування освітлювальної установки зовнішнього освітлення міст та швидкісних магістралей повинне враховувати і визначати норму дози флікера P_d , як одного з найважливіших якісних показників ОУ магістралей та доріг.

На результати зорової діяльності спостерігача будуть впливати: постійна інерція зору, рівень яскравості фону та зміна рівня освітленості в часі. Для виявлення якісної характеристики освітлювальної установки світильників на основі світлодіодів необхідно проаналізувати їх показники: наявність флікер-ефекту, значення дози флікера, допустимі значення нерівномірності освітленості та ін.

Дослідження флікер-ефекту при впровадженні світильників на основі світлодіодів. При аналізі світильників на основі світлодіодів типу SU-24, що встановлені на вулицях міста Харкова, насамперед, слід приділити увагу колірній характеристиці. Можна стверджувати, що переваги будуть мати світильники з більш високою корельованою колірною температурою [4]. Так при використанні світлодіодних світильників холодного білого кольору відсоток зорових помилок у водіїв буде меншим, ніж при використанні світлодіодів теплого білого кольору.

По-перше, були проведені заміри освітленості по сітці відповідно до ДСТУ Б В.2.2-6-97 "Методи вимірювання освітленості" для визначення освітленості в різних точках на дорозі. Вимірювання проводились люксометром DER EE DE-3350 No.10005214 (Digital light meter). В подальшому був розрахований для застосованого люксометра поправочний коефіцієнт – коефіцієнт активності, що дозволило врахувати при вимірюванні спектральний склад світлодіодів. Люксометр має свідоцтво про метрологічну атестацію.

Контрольні точки були розташовані з інтервалом 5 метрів одна від одної по всій ділянці дороги та обмежені кроком світильників. Загальна кількість контрольних точок - 35.

Напруга мережі відповідала нормованим значенням і не перевищувала значення $\pm 5\%$ від номінального.

Підготовки до вимірювань, самі вимірювання та обробка результатів експерименту проводились згідно ДСТУ Б В.2.2-6-97 "Методи вимірювання освітленості". Розрахунки виконувались за загальноприйнятими формулами. Проведені вимірювання освітленості на дорозі дали змогу розрахувати дозу флікера.

Для виявлення значення дози флікера необхідно виявити частоту пульсації освітленості в інтервалі змін від одного періоду до іншого та амплітуду коливань.

Для нашого випадку коливання мають форму синусоїди, а частота залежить від швидкості руху авто-

мобілів та відстані між опорами освітлювальних установок (ОУ). Амплітуда пов'язана з коефіцієнтом нерівномірності освітленості та також залежить від розташування світлових приладів (висота підвісу, місце розташування відносно проїзної частини, кроковою відстанню між світлоточками).

Частота мерехтіння світлових смуг на дорозі при автомобільному русі еквівалентно буде відповідати частоті мерехтіння для лампи розжарення при коливаннях напруги мережі живлення. За допомогою графіка залежності світлового потоку від коливання напруги живлення можна отримати еквівалент зміни напруги у відсотках. Розмах зміни напруги визначається

$$\delta U(t) = (|U_{at} - U_{at+1}| \cdot 100) / \sqrt{2} U_{ном}, \quad (1)$$

де U_{at} , U_{at+1} – значення екстремумів чи екстремуму горизонтальної ділянки оминаючих амплітудних значень напруги на кожному напівперіоді основної частоти.

Доза флікера розраховується за аналітичним методом [5].

Етапи розрахунку мають наступну послідовність і потребують:

- виявити частоту повторень $f = v/\lambda$, де v – швидкість руху, λ – інтервал між крайніми значеннями освітленості;
- визначити кількість коливань M за період часу $T=10$ хвилин;
- визначити коефіцієнт нерівномірності освітленості.

Колівання напруги мережі можна звести до коливання рівня освітленості і, згідно з аналітичним методом розрахунку флікера, із урахуванням вищезазначеної залежності доза флікера для автомагістралей буде визначатися

$$P_{st} = 0,365 \xi \cdot \left(\frac{\Delta E}{E} \right)^2 \cdot f^{0,31} R, \quad (2)$$

де ξ – поправочний коефіцієнт;
 ΔE – величина, що відповідає розмаху зміни освітленості за період від максимального до мінімального значення;

f – частота повторення коливань максимальної та мінімальної освітленості, (хв⁻¹);

R – коефіцієнт, який залежить від частоти повторень зміни максимального та мінімального рівня освітленості за період часу.

По розрахункових даних при однорядному розташуванні світильників можна стверджувати, що при коефіцієнті нерівномірності освітленості $K_n=1,73$, доза флікера, у порівнянні з нормованим перевищує від 10 до 40 відсотків, в залежності від швидкості руху автомобіля.

Також, при даній ситуації коливання напруги, що було обрано як еквівалент, повинно не перевищувати значення 20 %, тобто різниця між максимальним та мінімальним значенням повинно бути в межах 0,72-1,37 % від середнього значення освітленості на дорозі,

щоб відповідати заданим умовам на проїзних шляхах міст.

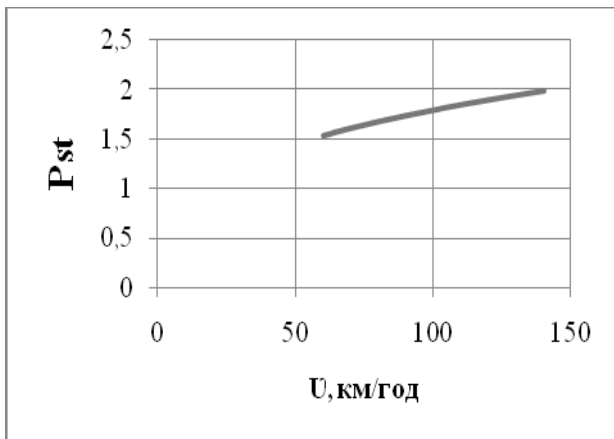


Рисунок 1 – Значення короткочасної дози флікера в залежності від швидкості руху автотранспорту

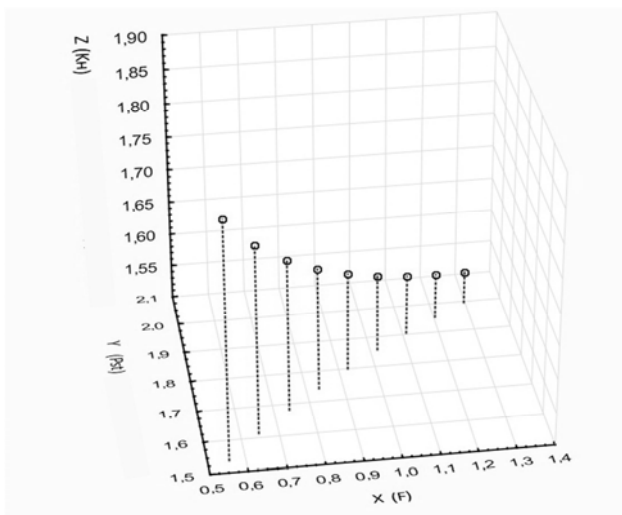


Рисунок 2 – Розрахункові значення дози флікера в залежності від частоти

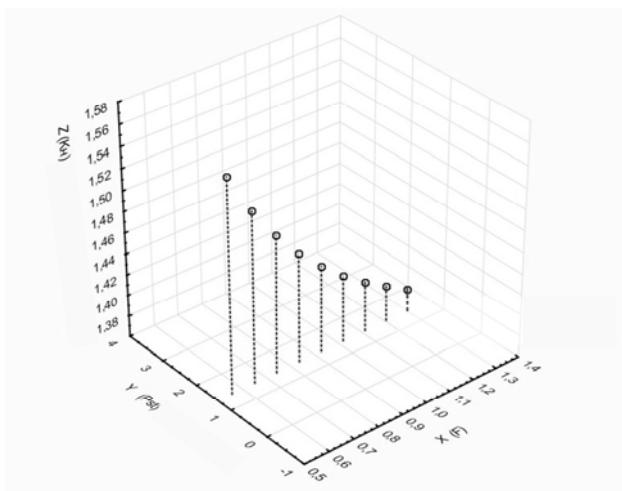


Рисунок 3 – Гранично допустимі значення коефіцієнту нерівномірності від частоти зміни рівня освітленості на ділянках дороги

Для швидкісних автомагістралей різниця між мінімальними та максимальними значеннями освітленості повинна знаходитись в межах 0,74-1,33 % від середнього значення освітленості на автобані.

Висновки. При проектуванні сучасних систем зовнішнього освітлення слід враховувати у розрахунках можливий флікер-ефект. По розрахункових даних можна стверджувати, що значення дози флікера, у порівнянні з нормованим значенням, перевищує від 10 до 40 відсотків в залежності від швидкості руху автомобілів.

Список використаних джерел

1. Епанешников М. М. Электрическое освещение / М. М. Епанешников. – М.: Энергия, 1979. - 352 с.
2. Фликер-эффект в условиях дорожного освещения : материалы - Международной научно-технической конференции ["Современные тенденции развития светотехники"], (Харків, 15-16 травня 2013 р.) / Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 133 с.
3. Шидловский А. К. Введение в статическую динамику систем электроснабжения / А. К. Шидловский, Э. Г. Куренный. - К.: Наукова думка, 1984. - 273 с.
4. Немет-Видовски А. Дорожное освещение и фотометрия в условиях сумеречного зрения / А. Немет-Видовски, Я. Шанда // Светотехника. - 2012. - №6. - С. 44-48.
5. Жежеленко И. В. Качество электрической энергии на промышленном предприятии / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. - 4-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 2005. - 261 с.

Аннотация

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ УЧЕТЕ ФЛИКЕР-ЭФФЕКТА

Волкова О. Ю., Румянцев Д. В.

Приведены исследования, которые показывают необходимость учитывать фликер-эффект при проектировании систем наружного освещения и эффективном использовании энергоэкономичных источников света.

Abstract

REQUIREMENTS FOR OUTDOOR LIGHTING SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE FLICKER EFFECT

O. Volkova, D. Rumiantsev

Researches which show need to consider Flicker-effect at projection of systems of external irradiating and effective use of energy-efficient light sources are given.