

ВІДГУК

офіційного опонента канд. техн. наук.,
завідуючого лабораторією КП "Київміськвітло"

Степури Володимира Ілліча

на дисертаційну роботу Козак Катерини Миколаївни на тему:
"СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА
ТА ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК",

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних
наук за спеціальністю 05.09.07 – світлотехніка і джерела світла.

У дисертаційній роботі Козак Катерини Миколаївни на тему "Системний підхід до оцінки енергоефективності джерел світла та освітлювальних установок" подано результати теоретико-експериментальних досліджень та комплексного аналізу режимів експлуатації джерел світла як взаємопов'язаних елементів освітлювальних установок.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота Козак Катерини Миколаївни являє собою наукову працю в світлотехнічній галузі і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота викладена на 150 сторінках основного тексту (загальна кількість - 200 сторінок) і містить 54 ілюстрації та 19 таблиць, має посилання на 208 джерел.

Зміст автореферату відповідає змісту роботи.

У вступі, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, наведено необхідні дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

Наведено аргументи на користь підтвердження актуальності та наукової новизни теми досліджень

У першому розділі "Аналіз сучасного стану впливу електричних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів джерел світла на їх енергоефективність" на основі аналізу результатів досліджень, виконаних різними дослідниками та технічних нормативів, цілком обґрунтовано вказується, що залишилася не до кінця розв'язаною задачею об'єктивної комплексної оцінки **споживацької цінності** джерел світла та світлотехнічних установок, що їх містять у процесі експлуатації. Я навмисно вжив термін споживацька цінність бо він, на мою думку, повніше охоплює усі аспекти потреб конкретного споживача, що визначаються умовами експлуатації та призначенням установки освітлення. А саме; світлотехнічні характеристики джерел світла та освітлювальних установок в їх зміні у процесі експлуатації; вартість джерел світла, вартість спожитої електроенергії та, врешті, увесь комплекс експлуатаційних витрат у широкому розумінні цього терміну.

Енергоефективність є лише однією зі складових споживацької цінності. Власне мої міркування цілком підтверджені змістом першого розділу, у якому розглядаються, крім енергоефективності (визначення якої на жаль не дано), ще й аспекти регулювання та пульсації світлового потоку, тощо.

Це також підтверджується висновками до першого розділу у частині **визначення основних напрямків подальших досліджень**. Власне саме ця частина і є справ-

жніми науково обґрунтованими висновками першого розділу отриманими, як результат аналізу енергоефективності джерел світла, методів регулювання світлового потоку та його пульсації, а також методів визначення енергоефективності установок.

З огляду на вище вказане, виникли дві невеликі пропозиції-зауваження стосовно назви всього першого розділу та глави 1.5.

Якщо у назві розділу замінити термін "енергоефективність" на "споживацька цінність", чи щось подібне, а назву глави 1.5 закінчити словами - і освітлювальних установок, то така зміна об'єктивніше відображала б вміст розділу.

Розділ 2 "Вплив електричних, спектральних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів на енергоефективність джерел світла" присвячено результатам дослідження залежності світловидатності джерел світла від споживаних потужностей, визначенню їх граничних світловидатностей та впливу геометричних параметрів люмінесцентних ламп на динаміку електричних і світлотехнічних характеристик в процесі зміни частоти напруги живлення.

Перш ніж перейти до аналізу отриманих авторкою результатів зауважимо, на факт зловживання, а вірніше - невірне використання терміну "номінальне значення". Цей недолік характерний не тільки для другого розділу, а й для наступних розділів і, також, для терміну "нормований". Нагадаємо, що номінальне значення параметра відповідає номінальному режиму роботи виробу і слугує початком відліку граничних відхилень значень параметру. Це стосується і нормованих значень параметрів. Отже, ні про які зміни номінального чи нормованого значення параметру мова йти не може, адже ці зміни і визначаються по відношенню до значень цих параметрів.

У **главі 2.1** запропоновано цікаву методику визначення можливих змін світловидатності джерел світла зі зростом їх потужності. Методика ґрунтується на тому факті, що зі зміною потужності джерел світла світловидатність спочатку теж швидко змінюється, а потім переходить у фазу насичення. Сам факт наявності такого насичення можна пояснити намагання виробників не зменшувати технічний ресурс джерел світла при збільшенні їх потужності, компенсуючи перегрів, надмірну густину струму, тощо. Аналітично, такі зміни можна, з високим ступенем достовірності, описати гіперболічною функцією, за формою якої можна зробити висновок стосовно прогнозів зміни світловидатності. Наочно це показано на рис. 2,7, де за довжиною січної (у тексті стор.64 чомусь названа дотичною) між гілками гіперболи можна робити згадані прогнози. В результаті отримано цікавий результат, та я б порекомендував спробувати удосконалити запропоновану методику, а саме: робити згадані прогнози за величиною кута (тепер насправді) дотичної до гіперболи у точці її вершини. Тангенс шуканого кута визначиться як похідна до отриманої у результаті апроксимації функції гіперболи у точці її вершини.

У **главі 2.2** розглянуто спосіб визначення та результати застосування з метою визначення гранично можливих світловидатностей джерел світла. Реалізацію цього способу наочно ілюструють рис. 2.11 та вираз (2.6).

На перший погляд, даний спосіб абсолютно безпідставний, адже, у ньому розглядаються площі зовсім не тих кривих, які визначають величину світловидатності. Світловидатність визначиться відношенням величин двох потоків випромінювання (ці значення пропорційні площам відповідних кривих), один з яких – це енергетичний потік джерела, а другий - це ефективний потік, величина якого визначається

спектральною чутливістю приймача (у нашому випадку це крива світлової ефективності для денного або нічного зору) і розподілом енергій у спектрі джерела випромінювання.

Але, для орієнтовних оцінок, запропонований спосіб дуже зручний, особливо для оцінки світловидатності джерел, спектр яких складається з кількох однорідних випромінювань. Проте форма запропонованого виразу (2.6) для цього випадку не зовсім коректна. Тобто, у випадку однорідного випромінювання, значення площі прямує до нуля і значення $\lambda_{\max}-\lambda_{\min}$ у знаменнику теж прямує до нуля, далі зрозуміло.

Вирази (2.7) і (2.8) отримані у результаті апроксимації, на мою думку не зовсім точні, не зважаючи на декларовану їх високу достовірність. Зрозуміло, що у випадку однорідного випромінювання з $\lambda=555\text{nm}$ ($\lambda_{\max}-\lambda_{\min}=\Delta\lambda=0$), значення світловидатності повинно сягати свого максимального рівня - 683 лм/Вт. У даному випадку ми чомусь маємо значення 779,888 лм/Вт і 792, 842 лм/Вт. А от побудовані криві, показані на рис.2.12, починаються, як треба - зі значення 683 лм/Вт.

Світловидатність джерела, що випромінює три однорідні випромінювання (а не кольори, як у тексті) з $\lambda=(655, 527 \text{ і } 470)\text{nm}$. За моїми підрахунками виконаними за допомогою виразу (2.6) склали значення 227,6 лм/Вт а не 215 лм/Вт, як стверджує авторка. Розбіжність, звісно, не фатальна, але її наявність говорить, про необхідність доопрацювання цього, безперечно, цікавого і корисного, для практичного застосування, способу оцінки світловидатності джерел світла.

Дослідження впливу геометричних параметрів люмінесцентних ламп на динаміку електричних і світлотехнічних характеристик в процесі поступової зміни частоти напруги живлення виконані авторкою і описані у **главі 2.3** виконані на високому науково-технічному рівні і заслуговують високої оцінки. Заявлене підтверджується не тільки отриманими результатами, а й схемою вимірювань, та підбором відповідного вимірювального обладнання.

Тому, аналізуючи висновки до розділу 2, відмітимо, що вони є цілком обґрунтованими.

У Розділі 3 подано результати дослідження змін характеристик джерел світла у стаціонарних та динамічних режимах експлуатації. Розділ насичений результатами експерименту та аналізом його результатів. Особливо слід відмітити повноту досліджень такого параметру, як пульсації світлового потоку. Важливість таких досліджень актуальна ще й тому, що незважаючи на жорсткі обмеження стосовно пульсацій світлового потоку, задекларовані у нормах проектування і санітарних нормах, здебільшого на практиці, ми бачимо, що цій проблемі не приділяється достатньо уваги. Останнє підтверджується результатами вимірювань коефіцієнта пульсації світлового потоку виконаних на робочих місцях в різних установах та закладах, які час від часу публікуються.

Невеличке, можливо несуттєве, зауваження до глави 3.1. полягає у тому, що не в усіх випадках з часом експлуатації спостерігається спад світлового потоку. У аеродромних світлосигнальних системах, при паралельно-послідовному способі підключення джерел світла і постійній підтримці нормованих значень струму у кабельній лінії, спостерігається збільшення світлового потоку джерел з часом експлуатації. Світловий потік найбільший перед виходом джерела світла з ладу.

Ілюстрації осцилограм (наприклад рис. 3.5) більш стосуються пульсацій фотоструму (напруги) ніж світлового потоку. Зрозуміло, що вони корелюють, але у написах на рисунках фігурує саме напруга, а не світловий потік.

Цінність результатів дослідження змін коефіцієнта пульсацій світлового потоку прямих люмінесцентних ламп, в складі світильника з розщепленою фазою (**глава 3.4**) знижується відсутністю даних стосовно світлорозподілу досліджуваного світильника.

Можна стверджувати, що форма кривих наведених на рис. 3.6 буде визначатися світлорозподілом світлового приладу, а точніше, співвідношенням світлових потоків від джерел, що падають на фотоприймач під час дослідження. Власне, оцінивши ці потоки можна звести ці дослідження до теоретичних, а як реперні (калібровочні) точки можна використати результати виконаних авторкою досліджень. В такому разі, згадане дослідження отримає надзвичайно актуальне продовження.

У **главі 3.5** наведено результати дослідження зміни коефіцієнта пульсацій світлового потоку люмінесцентних ламп при химеруванні (на рис. 3.8. і 3.9). Не зрозумілі значення осей ординат. Коефіцієнт пульсації – безрозмірна відносна величина і має максимальне значення рівне одиниці. На графіках це значення значно перевищено. Пояснення в яких одиницях здійснюється оцінка у тексті відсутні.

У **главі 3.7** наведено результати дослідження та аналіз електричних, світлотехнічних та експлуатаційних характеристик напівпровідникових джерел світла.

Цінність отриманого результату не викликає заперечень, проте її знижує відсутність схеми, а то й фотографій (колись це було корисною традицією) дослідницької установки та методики проведення вимірювань. Це пов'язано з твердженням авторки, що температура на **кристалі** (мався на увазі корпус кристалу, чи що?) вимірювалася за допомогою **термопар (!)** (стор.123). Висновок з дослідження переноситься на перегрів **p-n переходу** (висновок 10). Не зрозуміло як фіксувався момент перегріву p-n переходу термопарою на кристалі. Чи не мав місце факт запізнення у встановленні моменту такого перегріву. Чому не застосовувалися безконтактні радіометричні методи вимірювання температури?

Після вивчення результатів досліджень поданими у третьому розділі виникає природне запитання стосовно новизни проведених досліджень. Авторка, звичайно, більше працював за даною тематикою і, в цьому розумінні, є більш компетентним, та все ж мені здається, що при створенні джерел світла, їх творці повинні провести цілий комплекс відповідних досліджень, номенклатура яких навряд чи поступається виконаних авторкою. Хотілось би дізнатися, що саме спонукало авторку, можливо повторно, виконувати ці дослідження.

Підсумовуючи розгляд третього розділу можна стверджувати правомірність висновків з першого по восьмий. Висновок дев'ятий та десятий мають цінність для практичного застосування, але дослідження потребують продовження з метою подальшого уточнення.

Стосовно висновку одинадцятого, то заявлена методика, (у розумінні значення цього терміну) у тексті роботи відсутня.

У **четвертому** розділі "Системний підхід щодо визначення енергоефективності джерел світла" виконана спроба системного підходу до оцінки енергоефективності джерел світла, незалежно від фізичних принципів покладених в основу їх дії.

Глава 4.1 присвячена розробці системного підходу до оцінки енергоефективності джерел світла. У зв'язку з тим, що у роботі не дано чіткого визначення енергоефективності (про що йшлося при аналізі змісту першого розділу) у результаті отримано конгломерат зі світловидатності, вартості, строку служби, вартості електроенергії і світлового потоку. Та знову цей конгломерат я б назвав споживацькою або експлуатаційною цінністю, бо у підсумку все зводиться до вартості експлуатації джерела світла за період його життєвого циклу. А от енергоефективність джерел світла найкраще характеризує такий параметр, як світловидатність.

Свідомо, чи підсвідомо мої міркування підтверджує сама авторка на стор.137, де поділяє джерела світла на три групи ефективності – низьку, середню і високу, саме за світловидатністю (у тексті світлова віддача).

Стосовно уявного джерела світла з високою світловидатністю та надзвичайно несприятливими експлуатаційними характеристиками описаному на стор. 131, то слід зауважити, що такий виріб навряд чи вважався б джерелом світла. Не слід плутати джерело випромінювання (світла) у розумінні способу, явища, тощо, з джерелом випромінювання (світла) у світлотехнічному розумінні. Джерело світла – це утилітарний технічний пристрій у світлових приладах, як правило, легко замінний. У ньому самому, або у світловому приладі передбачено технічні заходи протидії перерахованим несприятливим факторам або обставинам. Історія світлотехніки знає багато подібних прикладів, починаючи з захищеного скляною колбою каганця, що має автоматичну подачу гноту і олії тощо, закінчуючи сучасним джерелом світла від General Lighting типу Lucalox Longlafe з двома керамічними пальниками, що вмикаються по черзі, після виходу з ладу одного з них і середнім терміном експлуатації до 60 000 годин.

Проте, необхідно відмітити, що моя незгода з назвою запропонованого авторкою комплексного критерію оцінки ефективності джерел світла (вище я пояснив чому навмисно уникаю терміна енергоефективність, бо він є лише складовою комплексної оцінки), ні наскільки не зменшує наукову та практичну цінність виконаного дослідження.

Оцінка енергоефективності світлотехнічних установок з регулюванням світлового потоку на практиці завжди зустрічалась з певними труднощами, що знижували достовірність результатів подібних оцінок. У зв'язку з вищевказаним мають безумовну наукову і практичну цінність результати дослідження викладені авторкою у **главі 4.2**. Спосіб оцінки ефективності регулювання незалежно від алгоритму його виконання, заслуговує широкого застосування при проектуванні освітлювальних установок. Він дозволяє виконати порівняння тих чи інших алгоритмів регулювання з метою вибору більш ефективного ще на етапі проектування.

Хоча питання ефірних та по колу живлення перешкод, що виникають при експлуатації тиристорних і симісторних регуляторів, вважається достатньо вивченим, авторці вдалося отримати нові цікаві результати опису яких присвячено **главу 4.3**. Авторкою досліджені не тільки перешкоди створювані джерелом живлення, а й деякими джерелами світла (особливо газорозрядними), які живляться від цих джерел.

На мою думку, зовсім не прослідковується логічний зв'язок **глави 4.4**. "Концепція конструктивного виконання безблискісних світлодіодних світильників" з попередніми главами і розділами. Цілковитим зрозумілим намаганням авторки зарекомендувати

себе як всебічно кваліфікованого спеціаліста світлотехніка. На мою думку, глава 4.4. зайва, тим більше, що робота і так перенасичена матеріалом. Тим більше, що у викладі глави не знаходиться нічого такого, щоб можна було вважати за концепцію у правильному розумінні цього терміну. Застосування методів зменшення габаритної яскравості джерел світла та розрахунок захисних кутів у світильниках, що мають яскраві джерела світла – це вже відомі заходи при конструюванні і проектуванні.

Зміст **глави 4.5** присвячений розгляду особливості освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів. Власне він один присвячений установкам освітлення, чим і виправдовує повну назву теми дисертаційного дослідження. Висновки за результатами дослідження цієї глави важко переоцінити і вони заслуговують найретельнішого вивчення. Вони можуть і повинні бути використані при розробці концепції модернізації систем вуличного освітлення міст України, бо враховують фактори спостереження водієм перешкод за різних умов спостереження. Згадані результати мали б ще більшу цінність, якби було б досліджено зв'язок умов спостереження перешкод з просторовим та спектральним розподілом коефіцієнта відбиття поверхні дороги. Сподіваюсь, що дослідження описані у главі 4.5 будуть продовження. Відмітимо невелику помилку у визначенні контрасту на стор. 168. Не існує негативного і позитивного контрасту, а є прямий і обернений. Крім того, їх визначення переплутано. При прямому контрасті темний об'єкт спостерігається світлому фоні, а не навпаки.

Стосовно висновків до четвертого розділу, то можна стверджувати, що висновки 1-8 слід вважати цілком обґрунтованими, крім дев'ятого, присвяченого відсутній розробці концепції конструювання. Висновок десять не є коректним у плані застосування для підсвітки пішохідних переходів спеціалізованих світлодіодних світильників. У главі 4.5, на підставі вивчення аспектів спостереження перешкод за умов кольорного контрасту, авторкою наведені докази, що справедливі для будь-якого джерела світла з високим значенням індексу кольоропередачі, необхідним значенням якого володіють не тільки світлодіодні джерела а й деякі газорозрядні. Це може бути металогалогенна лампа і навіть та ж лампа типу ДНаТ з коригованим спектром, наприклад SON-T Comfort фірми Philips з $R_a = 60 \dots 70$. Отже, коректний висновок повинен стосуватися не світлодіодного джерела чи світлового приладу, а будь-якого джерела світла з певним рівнем індексу кольоропередачі.

Основні висновки роботи повторюють основні висновки окремих розділів, аналіз яких наведено вище. Тому, щоб не повторюватися, лише відмітимо, що висновки 1-6 та 9 є цілком обґрунтованими, висновок 7 стосовно концепції конструювання необхідно відхилити, а висновок 9 прийняти з поправкою стосовно рівнів індексу кольоропередачі джерела світла спеціалізованого світлового приладу для освітлення пішохідних переходів.

Вважаю, що загальним **недоліком** дисертаційної роботи є деяка невідповідність теми дослідження його наповненню. Хоча, ця невідповідність має, скоріше, світоглядний характер. Замість терміну системний підхід, я б пропонував би термін комплексний підхід. З огляду на те, що система – це складена або організована з частин цілісність, а системний підхід орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта, на виявлення різноманітних типів зв'язків складного об'єкта і зведення їх в єдину теоретичну картину.

Комплекс – це сукупність, поєднання предметів, явищ, дій, властивостей об'єднаних спільним призначенням або виконанням спільної функції.

Об'єкти дослідження даної роботи об'єднані виконанням спільної функції – освітлення, але усі вони не складають єдину функціонуючу систему. Таку систему можуть складати, лише деякі їх поєднання. Останнє легко бачити навіть з назв розділів і окремих глав, але спроба авторкою була зроблена і, ця спроба, вважаю, повинна бути зарахованою.

Підсумовуючи вищенаведений аналіз змісту роботи, можна з упевненістю стверджувати, що **актуальність теми досліджень, наукова новизна та практичне значення результатів дослідження** слід вважати цілком доведеним фактом.

Висновок.

Дисертаційна робота Козак Катерини Миколаївни є закінченою науково-дослідною працею, вона має практичне значення в світлотехнічній галузі, містить прогресивні рішення стосовно актуальної науково-технічної проблеми комплексної оцінки енергоефективності джерел світла та освітлювальних установок.

Актуальність, практичне значення, обґрунтування й достовірність висновків заслуговує позитивної оцінки. Виконані наукові дослідження мають хорошу перспективу на продовження.

Робота відповідає нормативним вимогам які ставляться до кандидатських дисертацій на здобуття вченого ступеня кандидата наук, а Козак Катерини Миколаївни на присудження їй відповідного наукового ступеня зі спеціальності 05.09.07 – світлотехніка та джерела світла.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук,
завідуючий лабораторією
КП "Київміськсвітло"



В. І. Степура

Підпис В.І. Степури
Підтверджую.
Перший заступник КП "Київміськсвітло"



В. І. Круценко