

К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЯК РЕСУРС ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Виділені основні напрями сучасного розвитку світлотехніки в частині створення енергоефективних систем освітлення різного призначення. Розглянуті питання створення і використання «гібридних» систем освітлення, що включають використання сонячного світла за допомогою світловодів різної форми і додаткового світлодіодного модуля.

Ключові слова: освітлення, природне освітлення, штучне освітлення, сонячна енергія, системи управління, світлодіоди, світловоди, альтернативна енергетика.

Постановка проблеми

Як відомо, світло - одна з найважливіших умов для створення комфорту в місці існування людини. Світло впливає не лише на візуальне сприйняття навколишнього простору (розпізнавання форм об'єктів, людей, кольорів, передбачуваних небезпек тощо), але і на психоемоційний стан людини (самопочуття, працездатність, настрої).

Освітлення вносить істотний вклад в додаткові навантаження на енергосистему у вечірні години пік, що вимагає додаткових підключень потужностей, що генерують.

Оскільки масштаб споживання електроенергії багато в чому залежить саме від світла, починати енергозбереження також доцільно з модернізації системи освітлення.

Ефективне використання природного світла у будівлях розглядається сьогодні як потужний резерв енерго- і ресурсозберігання. Сучасні тенденції в освітленні орієнтовані на комфортне світлове середовище і подальший ріст виробництва і споживання світлової енергії. Уникнути конфлікту між прагненням людини до світлового комфорту, енергетичною кризою і проблемами екологічного характеру можливо тільки шляхом переходу на енергозбережні технології і альтернативні джерела енергії [1, 2].

Сучасна світлотехніка бурхливо розвивається у напрямі створення революційно нових енергозбережних, екологічно чистих і високоякісних світлових рішень, які забезпечують не лише високу якість освітлення, але і збереження енергії, зменшення викидів CO₂ і вплив на циркадні цикли організму людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Нові тенденції в проектуванні електричного освітлення простежуються на наступних напрямках:

- актуалізація норм і вимог;
- розробка і впровадження нових джерел світла;
- застосування систем управління освітленням (СУО);
- біологічно і емоційне ефективне освітлення.

Актуалізація норм і вимог

Нові європейські стандарти на перше місце ставлять сьогодні вимоги до мінімальної освітленості в дійсній робочій зоні, а не до усього приміщення. Рекомендується освітлення поза робочою зоною адаптувати до умов, які створюються в робочій зоні. Освітленість нормується з урахуванням найменшої середньої величини для роботи в нормальних умовах [3].

Особлива увага в міжнародних стандартах приділена світловому забрудненню. Негативні наслідки світлового забруднення: перевитрата електроенергії, дії на здоров'я і психологію людини, руйнування екосистем [4].

Системи управління освітленням

Системи і способи управління освітленням дають великі можливості для економії електроенергії в установках внутрішнього і зовнішнього освітлення міст, населених пунктів і промислових підприємств. Сучасні пристрої автоматичного управління освітленням дозволяють зменшити споживання електроенергії на освітлення до 50% [6].

Функції автоматизованих систем управління освітленням:

- управління світловим потоком;
- плавний вихід на максимальну потужність;
- можливість передачі диспетчерові інформації про роботу кожного світильника.

Біологічно і емоційне ефективне освітлення

Останні дослідження показали, що створити якісне світлове середовище з точки зору біологічних невізуальних ефектів можливо за допомогою світильників зі змінюваною колірною температурою [6-9].

Нині встановлено два підходи до управління біоритмами людини в офісному просторі:

- ефективне використання можливостей управління колірністю освітлення в ті інтервали часу, коли це необхідно;
- повторення сонячного добового циклу штучним освітленням.

Ці підходи засновані на плавній і своєчасній зміні колірної температури джерел світла. Тобто організація освітлювальної установки усередині офісного простору по колірній температурі випромінювання залежить від часу доби, ідентично денному освітленню.

Наприклад, у момент стандартної робочої діяльності в нейтральному режимі для організму людини слід забезпечити колірну температуру освітлювальних приладів на рівні 4000K. У момент динамічних переговорів і «мозкових штурмів» продуктивність роботи збільшиться за рахунок забезпечення холодної колірної температури (5000-6000K). Також під час роботи потрібні і тимчасові інтервали на розслаблення, свого роду перезавантаження організму. Для цього в приміщеннях встановлюється колірна температура в переважно теплих тонах (2700-3500K).

Людина орієнтується в часі доби по денному освітленню, але якщо доступ до денного світла в закритих просторах обмежений, то виникає світлова дезорієнтація, яка глибоко впливає на організм людини і що призводить до зміни біоритмів.

Розробка і впровадження нових джерел світла

Сучасний ринок світлотехнічної продукції пропонує величезну безліч джерел світла, технічні і експлуатаційні параметри яких дозволять підвищити енергоефективність системи освітлення. Світлодіоди, індукційні лампи - джерела світла з високою світловою віддачею і великим терміном служби [10]. Завдяки можливостям зміни колірної температури в межах від 2800K до 5800K, запрограмованим сценаріям освітлення, підтримці індексу перенесення кольорів більше 80%, високій енергоефективності більше 90 лм/Вт, відсутності пульсацій, стабільності усіх характеристик на будь-яких режимах роботи, світлодіодні світильники є унікальними за рахунок універсальності і легкості зміни колірних параметрів для забезпечення комфортної зорової діяльності в приміщенні.

Витрата електроенергії може бути зменшена за рахунок правильного вибору світлорозподілення

освітлювальних приладів і їх конструктивного виконання. Світлодіодні світильники повинні мати якісну оптичну систему, надійні блоки живлення, конструкцію з ефективним тепловідводом і можливістю поелементного ремонту без демонтажу світильника.

Одним з найбільш суттєвих аспектів раціоналізації систем освітлення є використання альтернативних джерел енергії [11-14].

Пріоритетним напрямом розвитку сучасного світу сьогодні стало так зване «зелене» будівництво, «чисті» технології. «Зелені» технології охоплюють нові сектори, вони стають більше затребуваними в побуті, в житті, виробничій і будівельній практиці. Сертифікати «зелених» стандартів сьогодні отримують житлові комплекси, що будуються, офісні і виробничі будівлі, селища і міста. Прибічники «зелених» підходів і технологій підтримуються державою, отримують фінансування міжнародних організацій і екологічних фондів.

Останніми роками Україна зробила великий крок в розвитку альтернативних видів енергетики, зокрема сонячної. Розвиток «зеленої енергетики» підтримується державою, про що свідчить наявність законів [15-17]. Завдяки пільгам і гнучкій тарифній політиці тільки за останні роки Україна перетворилася на державу з одним з найперспективніших ринків для розвитку сонячної енергетики.

Перспективним напрямом енергозбереження в освітленні, що забезпечує найбільший ефект, є застосування системи поєданого освітлення (СПО). Це комплексне рішення задачі формування світлового середовища найвищої якості і систем освітлення високої енергетичної ефективності, в яких інтегровані в єдиний комплекс ресурси природного освітлення і енергоефективне освітлення.

Зовнішнє штучне освітлення також грає велику роль в сучасному житті людини, будучи елементом благоустрою і архітектурно-художнього оформлення сучасного міста. Досягти світлового комфорту у вечірній і нічний час можливо, за рахунок раціонально вибраних кількісних і якісних характеристик штучного освітлення, регламентуються нормами.

Вже запропоновані і існують системи автономного освітлення на основі енергії сонця і вітру, які дозволяють зменшити споживання електроенергії від традиційних енергоносіїв [18]. Застосування таких систем є новим етапом в освітленні міста, найбільш ефективним. Автономну систему освітлення можна застосовувати для освітлення магістралей, освітлення громадської і приватної території, автобусних зупинок, місць для прогулянок, пішохідних переходів, парків, дитячих

майданчиків, спортивних майданчиків, торгових і промислових об'єктів, паркінгів, прибудинкових територій тощо.

Формулювання мети статті

Мета публікації показати перспективність розвитку концепції створення систем поєднаного освітлення на основі сучасних систем природного освітлення, які складають базовий модуль для гібридного світильника.

Виклад основного матеріалу

Системи сонячного освітлення - енергозберігаюче освітлювальне устаткування, яке проводить натуральне сонячне світло по світловоду через дах у внутрішні простори, де немає можливості поставити вікна або недостатньо денного світла.

Системи сонячного освітлення з повним правом відносяться до розряду «зелених» (екологічно чистих) технологій, а будівлі, що оснащені ними та що відповідають вимогам до природної освітленості, переходять в розряд «зелених» тобто екологічних, що знижують негативну дію на довкілля (забруднення, парниковий ефект).

Оскільки ефективність природного світла залежить від періоду року, часу доби і погодних умов, перед фахівцями стало завдання створення системи, робота якої дозволила б створити необхідні умови освітлення при нестачі природного світла.

На прикладі розробки компанії «СОЛАР» - офіційного дистриб'ютора технології Solatub, розглянемо систему, яка дістала назву гібридна система поєднаного освітлення (ГСПО) [19]. Особливим елементом стає джерело світла, що має властивості сонячного світла, – світлодіодний модуль. Перевагою цієї інноваційної системи освітлення є елемент контролю і управління рівнем світлового потоку, що забезпечує цілодобову необхідну освітленість приміщення при найменших енерговитратах.

Зовні будівлі (як правило, на даху) встановлюється прозорий купол із спеціальними лінзами – світлоприймач. Він уловлює сонячне світло і у вигляді концентрованого пучка передає його в трубу світловода, внутрішня поверхня якої оброблена матеріалом, що відбиває світло (наприклад, срібним напиленням). Багаторазово відбиваючись від стінок світловода, цей пучок потрапляє в приміщення, де рівномірно розподіляється світильником-розсіювачем (рис.1).

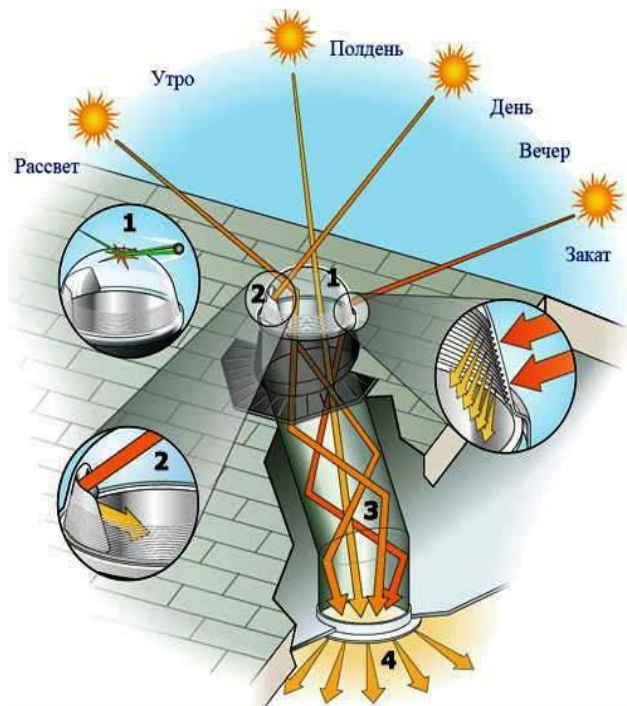


Рис. 1. Система сонячного освітлення.

У систему входять: 1 – куполоподібний світлоприймач; 2 – лінза, що збирає; 3 – трубчастий світловід, що сполучає їх; 4 – світильник-розсіювач.

Принцип дії системи заснований на підтримці необхідного рівня освітленості приміщення за допомогою інтегрованого фотодатчика для контролю електричного світла, щоб доповнювати денне світло. У вечірні години і при значному зниженні освітленості небозводу починає працювати світлодіодний модуль, вбудований всередину світловода. Він в автоматичному режимі «досвічує» простір з урахуванням заданого рівня освітленості (рис. 2).

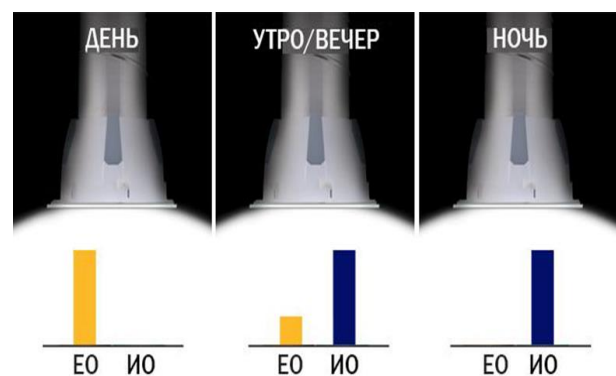


Рис. 2. Принцип дії системи сонячного освітлення.

Одно з ключових переваг цієї системи освітлення полягає в тому, що її зовнішня частина (купол) може збирати сонячне світло усюю півсферою, що забезпечує ефективну інсоляцію від світанку до заходу, причому не лише при ясній погоді, але і в похмурі, дощовиті дні. При цьому

система дозволяє добитися майже ідеальної передачі світла (99,7%) і без втрат доставляти промені на відстань від 12 до 20 м.

Ще одна очевидна перевага системи – її захисні властивості. Вона без спотворень передає увесь видимий діапазон частот сонячного випромінювання, але при цьому «гасить» інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання. Це дозволяє уникнути перегрівання приміщення в жарку пору року і зменшити витрати на кондиціонування.

Застосування гібридної системи дозволяє забезпечити:

- ефективно, корисно для здоров'я освітлення на верхніх поверхнях будівель і в глухих приміщеннях;
- ефективно освітлення промислових об'єктів і складських приміщень з можливістю локального освітлення робочих місць;
- безпечно освітлення пожежо- і вибухонебезпечних приміщень;
- безпечно освітлення в приміщеннях з підвищеною вологістю, де є небезпека поразки електричним струмом;
- підсвічування тунелів, підземних переходів, підземних гаражів і паркінгів.

Застосування сонячних колодязів дозволяє скоротити споживання електроенергії, в зимовий час скоротити дефіцит сонячного світла у людей, що знаходяться у будівлі.

Висновки

Подальший розвиток гібридних систем припускає реалізацію актуальної потреби в універсальному світильнику для освітлення приміщень великої площі з високими стелями, що забезпечують плавне і непомітне для ока регулювання і підтримку на постійному рівні освітленості протягом доби.

Багаторічна практика застосування систем сонячного освітлення показала їх високу ефективність природного освітлення приміщень у будівлях різного призначення не залежно від географічного положення. Найбільший ефект має місце на територіях зі зниженою сонячною активністю. Ця енергозбережна технологія відноситься до категорії елементів капітального будівництва, які знижують енерговтрати/енергодобудки будівель, а також знижують споживання електричної енергії, що витрачається на освітлення приміщень в денний час.

Ці системи відповідають вимогам часу в питанні енергоефективного «зеленого» будівництва. Термін окупності устаткування при освітленні великих об'єктів: супермаркетів, критих стадіонів, виробничих приміщень від 3 до 5 років. Системи,

маючи 10 років гарантії і необмежений термін експлуатації, відносяться до капітальних елементів споруд і можуть монтуватися на будь-якому етапі будівництва або при реконструкції.

Література

1. Aizenberg, J. B. (2009) Hollow light guides. Moscow: Znack Publishing House, 208.
2. Овчаров, А. Т. Гибридные светильники совмещенного освещения с системой автоматического управления [Текст] / А. Т. Овчаров // Электронные информационные системы. – М.: АО «НТЦ ЭЛИНС», 2015. №4(7), с. 22–34.
3. DIN EN 12464–1 Light and lighting - Lighting of work places – Part 1: Indoor work places.
4. EN13201–2015 the New Standard for Road Lighting-Rv01 210316.
5. Литвинов, А. Г. Создание и оптимизация параметров автоматизированных систем управления осветительными установками в ВУЗах [Текст] / А. Г. Литвинов, Л. А. Назаренко, С. Н. Литовченко, А. А. Фомин, Е. В. Билык // Світлотехніка та електроенергетика. – Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова : 2015. – №3–4(43). – С. 28–34.
6. Acosta, I, Leslie, RP, Figueiro, MG. (2015) Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. *Lighting Research and Technology*, 1–13.
7. Munoz, C, Esquivias, PM, Moreno, D, Acosta, I, Navarro, J. (2014) Climate-based daylighting analysis for the effects of location, orientation and obstruction. *Lighting Research and Technology*, 46, 268–280.
8. Leung, AY, Cheung, MK, Chi, I. (2015) Supplementing vitamin D through sunlight: associating health literacy with sunlight exposure behavior. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 60, 134–141.
9. Іоффе, К. І. Циркадне освітлення: визначення, вимірювання, нормування [Текст] / К. І. Іоффе // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – №6/8 (60). – С. 59–62.
10. Іоффе, К. І. Впровадження індукційних ламп в промислового освітленні [Текст] / К. І. Іоффе, Л. Д. Гуракова // Світлотехніка та електроенергетика. – Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова : 2015. – №1(41). – С. 48–52.
11. Арапов, А. Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні [Електронний ресурс] / Алексей Арапов, 2012. – Режим доступу: http://www.zamnoy.com/blogs/aleksey_arapov/114057145/2012-06-15/aime.
12. Солнечная электростанция для дома. Расчет солнечной электростанции для дома [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika>.
13. Уличное освещение на солнечных батареях [Электронный ресурс] // Энерготеплострой – Режим доступу: <http://ets-zp.com.ua/Ulichnoe-osvecshenie-na-solnechnyh-batareyah>.
14. Назаренко, Л. А. Солнечные энергетические установки с голограммными концентраторами

енергии [Текст] // Л. А. Назаренко, А. С. Литвиненко // *Світлотехніка та електроенергетика*. – Х.: ХНАМГ, 2010. – № 3 – 4, С. 21-25.

15. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 р. № 555-IV [Електронний ресурс] // *Відомості Верховної Ради України*. – К., 2003. – № 24. – ст. 155. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws=555-15>.

16. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо гарантування зобов'язань держави щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії : Постанова Верховної Ради України від 03 червня 2011 р. № 3486-17-ВР [Електронний ресурс] // *Відомості Верховної Ради України*. – К., 2003. – № 52. – Ст. 378 – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3486-17>.

17. Програма Державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики : Постанова Кабінету Міністрів від 31 грудня 1997 р. № 1505 [Електронний ресурс] // *Відомості Верховної Ради України*. – К., 1997. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1505-97-%EF>.

18. Литвиненко, А. С. Автономна система освітлення гібридного типу [Текст] / А. С. Литвиненко, Ю. О. Васильєва, Л. Д. Гуракова, О. М. Діденко, К. І. Іоффе // *Світлотехніка та електроенергетика*. – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова: 2016. – №1(45). – С.12–18.

19. Гибридная система освещения Solatube Smart LED [Электронный ресурс] // Солар: магический свет. Сор. 2004-2015. Режим доступа: <http://www.solatube.su/katalog-modeley-solatube-i-solar-star/gibridnaya-sistema-osveshheniya-solatube-smart-led/> (дата обращения 5.06.2018).

References

1. Aizenberg, J. B. (2009) Hollow light guides. Moscow: Znack Publishing House, 208.
2. Ovcharov, A. T. (2015) Gibridniye svetilniki sovmeschennogo osvescheniya s sistemoy avtomaticheskogo upravleniya. *Elektronniye informacionniye sistemi*, 4(7), 22–34.
3. DIN EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places.
4. EN13201–2015 the New Standard for Road Lighting-Rv01 210316.
5. Litvinov, A. G., Nazarenko, L. A., Litovchenko, S. N., Fomin, A. A., Bilyk, E. V. (2015). Creation and optimization of parameters of automated control systems for lighting installations in universities. *Svitlotekhnika ta elektroenergetika*, 3-4 (43), 28–34.
6. Acosta, I, Leslie, RP, Figueiro, MG. (2015) Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. *Lighting Research and Technology*, 1–13.
7. Munoz, C, Esquivias, PM, Moreno, D, Acosta, I, Navarro, J. (2014) Climate-based daylighting analysis for the effects of location, orientation and obstruction. *Lighting Research and Technology*, 46, 268–280.
8. Leung, AY, Cheung, MK, Chi, I. (2015)

Supplementing vitamin D through sunlight: associating health literacy with sunlight exposure behavior. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 60, 134–141.

9. Ioffe, KI. (2012) Circadian light: definition, measurement, regulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/8(60), 59–62.

10. Ioffe, K. I., Gurakova, L. D. (2015) Vprovadzhennya indukciynih lamp v promislavomu osvittleni. *Svitlotekhnika ta elektroenergetika*, 1(41), 48–52.

11. Arapov, A. (2012) Perspektivy razvitiya solnechnoj energetiki v Ukraine. Retrieved from http://www.zamnoy.com/blogs/aleksey_arapov/114057145/2012-06-15/aiane.

12. Solnechnaya elektrostanciya dlya doma. Raschet solnechnoj elektrostancii dlya doma (n.d.) Retrieved from <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika>

13. Ulichnoe osveshhenie na solnechnyh batareyah (n.d.) *Energoteplotroj*. Retrieved from <http://ets-zp.com.ua/ulichnoe-osvecshenie-na-solnechnyh-batareyah>.

14. Nazarenko, L. A., Litvinenko, A. S. (2010) Solnechnye energeticheskie ustanovki s gologrammnymi koncentratorami energii. *Svitlotekhnika ta elektroenergetika*, 3 – 4, 21 –25.

15. Pro alternativni dzherela energii : Zakon Ukraini vid 20.02.2003 r. № 555-iv. (2013) *Vidomosti Verhovnoi Radi Ukraini*, 24, 155. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=555-15>.

16. Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukraini «Pro elektroenergetiku» shhodo garantuvannya zobov'yazan derzhavi shhodo stimulyuvannya vikoristannya alternativnix dzherel energii : Postanova verhovnoi radi ukraini vid 03 chervnya 2011 r. № 3486-17-vr (2003) *Vidomosti Verhovnoi Radi Ukraini*, 52, 378. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3486-17>

17. Programa Derzhavnoi pidtrimki rozvitku netradicijnix ta vidnovlyuvalnix dzherel energii ta maloї gidro- i teploenergetiki : Postanova Kabinetu Ministriv vid 31 grudnya 1997 r. № 1505 (1997) *Vidomosti Verhovnoi Radi Ukraini*. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1505-97-%ef>

18. Litvinenko, AS, Vasilieva, YuO, Gurakova, LD, Didenko, OM, Ioffe, KI (2016) Autonomous system of illumination of a hybrid type. *Svitlotekhnika ta elektroenergetika*, №1 (45), 12-18.

19. Hybrid lighting system Solatube Smart LED. Solar: magic light. Сор. 2004-2015. Retrieved from: <http://www.solatube.su/katalog-modeley-solatube-i-solar-star/gibridnaya-sistema-osveshheniya-solatube-smart-led/> (appeal date 5.06.2018).

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувачий кафедрою світлотехніки та джерел світла Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, Генеральний директор НДЦ «Інститут метрології» П.І. Неєжмаков

Автор: СУВОРОВА Кристина Ігорівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри
світлотехніки та джерел світла
Харківський національний університет міського
господарства імені О. М. Бекетова
E - mail - kisuvorova17@gmail.com

Автор: ГУРАКОВА Лариса Дмитрівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри
світлотехніки та джерел світла
Харківський національний університет міського
господарства імені О. М. Бекетова
E - mail – gurakova47@gmail.com

CURRENT LIGHTING SYSTEMS AS ENERGY CONSERVATION RESOURCE

KI Suvorova, LD Gurakova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The main directions of the light engineering current development in the part of the energy-efficient lighting systems creation for various purposes have been highlighted. The questions of "hybrid" lighting systems creation and use, including the use of sunlight with the help of fiber optic forms and an additional LED module, have been considered.

The promising direction of energy saving in lighting, which provides the greatest effect, is the use of a combined lighting system (SPO). This is a complex solution to the problem of the formation highest quality light environment and high energy efficiency lighting systems, which integrate into a single complex natural lighting resources and energy efficient lighting.

The purpose of the publication is to demonstrate the promise of the development concept for the creation of combined lighting systems on the basis of modern natural lighting systems, which form the base module for a hybrid lamp.

Solar lighting systems - energy saving lighting equipment that spends natural sunlight by the light wind through the roof in the interior space, where there is no possibility to put windows or insufficient daylight. Solar lighting systems are fully entitled to the category of "green" technologies, and buildings equipped with them and complying with the requirements for natural light, go into the category of "green", that is, environmental, reducing the negative impact on the environment.

The further development of hybrid systems involves the realization of the urgent need in universal source of light by premises lighting of a large area with high ceilings, providing a smooth and imperceptible for the eye adjustment and maintaining a constant level of illumination throughout the day.

Keywords: *lighting, natural light, artificial lighting, solar energy, control systems, LEDs, fiber optics, alternative power engineering.*