

*В. М. Гичпан, В. Л. Петровський, Ю. І. Рудик, канд. техн. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВИПРОБУВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДНИХ МОДУЛІВ

Проаналізовано стан стандартизації характеристик світильників при зміні видів джерел світла. Виявлено найбільш критичні причини, які знижують загальний рівень пожежної безпеки електромереж об'єкта при експлуатації світлодіодних систем електроосвітлення. Виконано критичний аналіз існуючого стану розробок, на основі якого сформовані вимоги до переліку стандартизації з метою забезпечення випробувань за вимогами пожежної безпеки таких об'єктів. Запропоновано заходи для реалізації випробувань із описом застосованих методів і засобів випробувань, викладених у стандартизованих технічних рішеннях.

Ключові слова: електроосвітлення, світлодіод, стандартизація, вимоги безпеки, джерело запалювання, випробування.

The state of lamp specifications standardization in the case of type of light source change is analyzed. The most critical reasons, which lower the overall fire safety level for the object's electrical grid during LED lighting systems operation, are discovered. Critical analysis of the current state of development is performed, based on which a list of requirements to the standardization summary is formed, aiming to ensure standardization of testing requirements for fire safety on such facilities. The measures to implement testing, the used methods' description, and the means for the testing, contained in standardized technical solutions, are provided.

Key words: lighting, LED, standardization, safety requirements, ignition source, tests.

Проанализировано состояние стандартизации характеристик светильников при изменении видов источников света. Выявлены наиболее критические причины, снижающие общий уровень пожарной безопасности электросетей объекта при эксплуатации светодиодных систем электроосвещения. Выполнен критический анализ существующего состояния разработок, на основании которого сформированы требования к перечню стандартизации с целью обеспечения испытаний по требованиям пожарной безопасности таких объектов. Предложены меры по реализации испытаний с описанием примененных методов и средств испытаний, изложенных в стандартизованных технических решениях.

Ключевые слова: электроосвещение, светодиод, стандартизация, требования безопасности, источник зажигания, испытание.

Аналіз сучасного стану проблеми. З часу, коли стало можливим використання унікальних властивостей напівпровідників, розвинулася електроніка. На сьогодні застосування напівпровідників зробило переворот ще й в освітленні. Сучасні технології дають змогу виробляти напівпровідники дешево, що і робить можливим широке їх застосування в освітлювальних приладах. Принцип випромінювання світла світлодіодом (СВД) докорінно відрізняється від процесу світіння розпеченої вольфрамової нитки звичайної лампи розжарювання. Тому для світлових параметрів однакової яскравості і світності світлодіоду потрібно у кілька разів менше електроенергії, ніж вольфрамовій нитці. Оскільки наріжним каменем розвитку людства є проблема економії енергетичних ресурсів для забезпечення екології, то одним з наслідків є зростання вимог до пожежної безпеки при експлуатації електроустановок, у тому числі й світлодіодних світильників. Щодо освітлення, то завдяки можливості застосування СВД потенціал економії становить майже 50 % (табл. 1).

Незважаючи на очевидні успіхи в розвитку освітлювальних СВД-пристроїв, для їх широкого використання потрібно вирішити ще ряд проблем. Наприклад, ефект мерехтіння, що завжди присутній при освітленні, дуже стомлює очі. Однією з них є проблема пожежної безпеки СВД та виробів із їх використанням — світлодіодних модулів, ламп, пристроїв для керування, світильників тощо. Слід зазначити, що саме бурхливий розвиток СВД спричинив суттєве відставання щодо розроблення стандартів на світлодіодну продукцію – особливо щодо вимог безпеки (ВБ) – як на національному, так і на міжнародному рівнях. Міжнародні стандарти (МС) на СВД було розроблено Міжнародною електротехнічною комісією лише у 2006 році і на цей час чинними є всього 10 [1-10].

Постановка завдання. Метою цієї роботи є аналіз поточного стану стандартизації систем освітлення з використання світлодіодів та виявлення впливу зміни параметрів джерела світла на вимоги стандартів щодо параметрів пожежної безпеки та випробувань СВД-світильників.

Очевидно, що в сучасних умовах без стандартів не можна вирішити таких фундаментальних завдань, як забезпечення протипожежних заходів, взаємозамінності, сумісності, безпеки, запобігання негативному впливу світлодіодних ламп та світильників на мережі електропостачання та навколишнє середовище. Розроблення стандартів сприяє поширенню використання пожежобезпечних світлодіодних виробів у різних сферах освітлення, що і робить актуальною цю тему роботи.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. За період 2010–2014 роки в рамках Державної цільової науково-технічної програми «Розробка та впровадження енергоекономних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» з червня 2008 року були розроблені 16 проектів національних стандартів на світлодіодні лампи та світильники, а також методики вимірювання їх параметрів [8]. З них 10 національних стандартів на світлодіодну продукцію набули чинності: ДСТУ ІЕС 62560:2012, Лампи світлодіодні загального освітлення на напругу живлення понад 50 В, поєднані з допоміжними пристроями. Специфікації безпеки; ДСТУ ІЕС 62612:2012, Лампи світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик; ДСТУ ІЕС/TS 62504:2012, Загальне освітлення. Світловипромінювальні діоди та модулі світловипромінювальних діодів. Словник термінів; ДСТУ ІЕС 62384:2012, Електронні пристрої живлення модулів СВД від джерел постійної або змінної напруги. Вимоги до характеристик; ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014, Модулі світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик; ДСТУ-П ІЕС/PAS 62707-1:2014, Діоди світловипромінюючі. Сортування за значеннями параметрів. Частина 1. Загальні вимоги та координатна сітка білих кольорів; ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-1:2014, Характеристики світильників функціональні. Частина 1. Загальні вимоги; ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014, Характеристики світильників функціональні. Частина 2-1. Особливі вимоги до світильників зі світловипромінюючими діодами; ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014, Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Наставни щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень; ДСТУ ІЕС 61347-2-13:2014, Допоміжні пристрої для ламп. Частина 2-13. Особливі вимоги до електронних пристроїв живлення модулів СВД від джерел постійної або змінної напруги.

Разом з тим, стосовно СВД-модулів розроблено 2 міжнародні стандарти. Проект стандарту [3] стосується термінів та означень, а [4] встановлює загальні специфікації безпеки та класифікує СВД-модулі за способами встановлення: вмонтовні; незалежні (автономні); невідокремлювані (незнімні).

На рисунку наведено схему співвідношення СВД-модулів і допоміжних пристроїв [8].

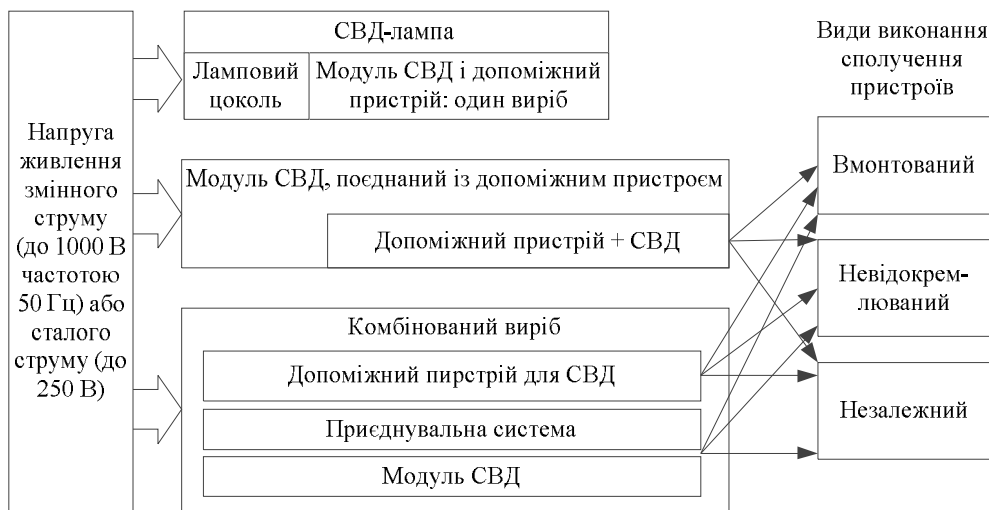


Рисунок 1 – Співвідношення складових елементів СВД-модулів і допоміжних пристроїв [8]

Для збільшення споживаної потужності (і світлового потоку) окремі СВД поєднують у модулі. Термін «модуль СВД», згідно з [2] і [4], має таке означення: виріб, який є джерелом світла. Крім одного або кількох СВД він може містити інші елементи, наприклад, оптичні, механічні, електричні та електронні, окрім керувальних пристроїв.

Лампа, згідно з означеннями в [4] і [5], є «забезпечений цоколем, згідно зі стандартом ІЕС 60061-1 [6] виріб, який неможливо розібрати без попереднього руйнування і який поєднує в собі СВД як джерело світла та додаткові елементи, необхідні для запалювання та стабільного функціонування джерела світла». Світлодіодні лампи або світильники – світлотехнічні вироби для побутового, промислового та вуличного освітлення, у яких джерелом світла є світлодіоди. Світлодіодна лампа – це набір світлодіодів і схеми живлення для перетворення мережевої напруги на постійний струм. Вимоги до робочих характеристик СВД-ламп, поєднаних із допоміжними пристроями, регламентуються [6], а вимоги безпеки цих ламп наведено у проекті МС [4]. Вимоги до СВД-світильників в основному збігаються із вимогами до світильників на лампах розжарювання.

Що ж стосується вимог до електричної, пожежної, фотобіологічної та інших небезпек, а також рівнів створюваних радіозавад, то у стандарті [5] і проектах [3] та [4] даються посилення на ті ж МС, що й у стандартах на лампи інших категорій. Міжнародні стандарти є організаційно-технічною основою вдосконалення виробництва в окремих країнах, основою міжнародного, економічного і науково-технічного співробітництва та будуть сприяти впорядкуванню процесів розроблення, виготовлення світлодіодної продукції в Україні.

Однак більшість розроблених стандартів на світлодіоди СІЕ, ІЕС, ІЕСНА, UL і ANSLG враховують такі характеристики [9]:

- мінімальну світлову віддачу; мінімальний світловий потік; спад світлового потоку;
- корельовану колірну температуру; збереження колірності випромінювання; індекс передавання кольору;
- мінімальну робочу температуру; електромагнітні та радіочастотні завади; акустичний шум; захист від перехідних процесів;
- коефіцієнт потужності; робочу напругу; робочу частоту; гарантійні зобов'язання; етикетку зі світлотехнічною інформацією.

Як бачимо, серед перелічених є мінімум характеристик, застосовних до пожежної безпеки. Шляхом впровадження нових технічних регламентів, стандартів, норм оцінювання відповідності продукції вимогам пожежної безпеки, ринкового нагляду, можна обмежити доступ на ринок неякісної та небезпечної продукції, запобігти використанню застарілих проектів освітлення при будівництві та реконструкції будівель.

Розв'язання задачі. ГОСТ 8.417-2002 не містить величин, якими багато виробників порівнюють чи рекламують ефективність своїх виробів. Так, «**світлова ефективність**, Лм/Вт» визначає енерговитрати на створення **світлового потоку** силою 1 кд, без врахування інших величин (таких як світлова енергія, лм*с, яскравість, кд/м², світність, лм/м², освітленість, лк=лм*м²). Зрозуміло, що світність СВД є найменшою через найменшу площу джерела. «Світлова ефективність» наближено дорівнює величині, оберненій до енергетичної сили світла, приведеної до 1/683 Вт/ср випромінювання частотою 540*10¹² Гц. Як бачимо з аналізу відкритих даних виробників та проведених досліджень окремих характеристик СВД-ламп, зведених у табл. 1, за цією величиною спостерігається зниження споживаної потужності в 2,2 рази для КЛЛ і в 2,0 рази для СВД-ламп.

На світлодіоди має несприятливий вплив висока температура. Через це світлодіодні лампи, як правило, включають у себе теплові елементи розсіювання, такі як радіатори й охолоджувальні ребра. І ще одним недоліком світлодіодних ламп є наявність джерела живлення постійного струму. Чим більше в приладі, а тим більше в побутовому, який буде використовуватися повсюдно, різних елементів, тим більша ймовірність виходу з ладу будь-якого електронного компонента, і виходу з ладу лампи в цілому.

Основними причинами виникнення пожеж від будь-яких електричних ламп є поява джерела запалювання від теплового впливу струмопроводів в умовах обмеженого тепловідведення, перевантаження проводів електромережі (вище розрахункового), які викликають нагрівання струмопровідних частин, загоряння їх ізоляції і, як наслідок, запалення різних матеріалів, які дотикаються з ними; коротке замикання і неякісне виконання з'єднань електричної проводки; несправне охолодження електричного виробу, його неправильне вмикання.

Найбільшу небезпеку становлять електроосвітлювальні прилади у вибухо- і пожежо-небезпечних приміщеннях та установках. Залежно від конструктивного виконання, освітлення для сучасних промислових підприємств може бути відкритим, закритим і вибухозахищеним. Світильники, що встановлюють стаціонарно, повинні мати певне виконання в приміщеннях із класом вибухо- пожежонебезпечних зон, тому оцінювання відповідності саме СВД-світильників потребує доповнень і відповідні стандарти з вибухобезпеки.

Найкращий метод для випробування електротехнічних виробів на відповідність вимогам, у т.ч. пожежної безпеки – це точне створення умов, які можуть виникнути на практиці, але в більшості випадків це неможливо. Таким чином, випробування електротехнічних виробів на пожежонебезпеку краще проводити, імітуючи, наскільки можливо, реальні дії, які можуть виникнути на практиці. Зокрема, ІЕС 60695-2-10 Випробування на пожежну небезпеку електротехнічних виробів. Частина 2-10. Методи випробування розжареним/нагрітим дротом. Устаткування і загальна процедура випробування описує один з таких методів.

Для проведення експериментального підтвердження характеристик нових електротехнічних виробів з СВД-модулями необхідне виконання макетів дослідних установок для НДЛ ПБ ЛДУ БЖД, згідно з ІЕС 60695-2-10 Випробування на пожежну небезпеку електротехнічних виробів. Частина 2-10. Методи випробування розжареним /нагрітим дротом. Устаткування і загальна процедура випробування.

Зокрема, за основу оцінювання ВБ СВД слід брати термін їх служби й електричний ККД як енергетичну силу світла. На відміну від більшості люмінесцентних ламп (наприклад трубок або компактних), світлодіоди набирають повної яскравості без потреби часу на прогрівання; окрім цього, строк служби люмінесцентних ламп знижується частими вмиканнями та вимиканнями. Таких вад не мають світлодіодні лампи, але більшість із них мають певний **кут розсіювання**, а не випромінюють світло у всіх напрямках. Істотною відмінністю від інших джерел світла, є те, що світлодіодне випромінювання більш спрямоване, тобто виглядає, як вузький промінь, проте лампи, які розповсюджують світло на усі боки (360°), стають все більш поширеними (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики світлодіодних ламп та КЛЛ за номінальними даними виробників або розраховані чи виміряні (дані у дужках)

Компактні люмінесцентні лампи	Visson LFC-107	OSRAM minitwist	EURO-LAMP T2 5W Limited	Економ-ка Т3 Full SPIRAL	Realux PLC 2U	Delux Big Spiral	Electrum 3W E27	Global T2 SFS
Потужність, W	20(34,8)	23(50,6)	5(7,6)	13(17,6)	11(19)	105(171)	3(3)	9(17,1)
Напруга, V	220	220-240	180-240	220-240	180-240	180-240	220-230	220-240
Сила струму, mA	90(158)	105 (230)	27 (42)	59 (80)	(61)	583(950)	(14)	40 (78)
Світлова ефективність, Lm/W	60(34,8)	66(30)	60(39,5)	51(37,8)	53(30,5)	57(35,1)	40	50(26,3)
Світловий потік, Lm	1200	1520	300	665	580	6000	120	450
Колірна температура, K	2700	2700	2700	2700	6400	6500	4000	2700
Індекс передачі кольору	-	80	-	-	-	-	-	-
Клас енергоефективності	A	A	A	A	A	A	A	A
Термін роботи, год	10 000	6 000	12 000	8 000	8 000	12 000	10 000	8 000
Гарантія	-	3 роки	3 роки	1 рік	1 рік	1 рік	2 роки	1 рік
Ціна, \$	2	2	2,8	2,2	1,9	16	2,2	2
Світлодіодні лампи	VIDEX A60e	Electrum LS-7	Bellson "Куля"	Led Star classic a40 5w	MAXUS 1-LED-463	Global-163	XEnergy 5w-6k-e27	E-Next
Потужність, W	9(14,3)	7	3(3,9)	5	10(17,6)	10(18,3)	5(10)	5(5,1)
Напруга, V	175-250	175-250	110-240	220-240	220	220	170-260	220
Сила струму, mA	51 (82)	(32)	27 (35)	(22)	45 (80)	45 (83)	(59)	(23)
Світлова ефективність, Lm/W	89(55,9)	83	67(51,3)	85	90(51,1)	85(46,4)	110(55)	90(88,2)
Світловий потік, Lm	800	580	200	470	900	850	550	450
Колірна температура, K	3000	4000	4000	4000	3000	3000	6500	4200
Кут розсіювання, град	300	300	270	160	270	270	140	-
Індекс передачі кольору	90	80	-	80	90	75	-	82
Клас енергоефективності	A+	-	A	A+	A	A+	-	-
Термін роботи, год	40 000	20 000	25 000	50 000	50 000	20 000	50 000	50 000
Гарантія	2 роки	2 роки	3 роки	3 роки	5 років	2 роки	2 роки	2 роки
Ціна, \$	2,6	2,8	2	2	5,3	3,6	2,5	3,2

Світлодіодні лампи використовуються для загального та спеціального освітлення. Там, де потрібно світло одного кольору, дуже зручно використовувати світлодіоди, адже їм не потрібні світлофільтри, які поглинають частину світлової енергії.

Передавання кольору світлодіодних ламп не співвідносне з лампами розжарювання, які створюють близьке до ідеального, випромінювання абсолютно чорного тіла, як від сонця (очі людини за тисячі років пристосувалися для найкращого сприйняття такого світла). Величина **індекс передачі кольору**, що позначається CRI або R_a , використовується для вираження здатності джерела світла, передавати кольори (шкала від 0 до 100). Лампи, які мають CRI нижче 75, не радять для використання у кімнатному освітленні.

Виробники світлодіодних ламп, пропонують **гарантійний термін** їх роботи до 3 років. Це пояснюється тим, що часто умови експлуатації не відповідають нормативам – якщо змінюється напруга в мережі чи температура навколишнього середовища, або ж світильники піддаються неочікуваній механічній дії, лампи перегорять або б'ються частіше, ніж можна передбачити.

Залежно від конструкції лампи, світлодіоди можуть бути чутливі до електричних розрядів. Як правило, це не стосується ламп розжарювання, але може бути проблемою для СВД і компактних люмінесцентних ламп. Кола живлення СВД ламп можуть бути захищені від перепадів напруги за допомогою пристроїв захисту від перенапруг.

СВД-лампи мають серйозну екологічну ваду: алюмінієвий радіатор, що охолоджує компоненти ламп. Річ у тому, що процес видобутку, очищення й обробки алюмінію, є дуже енергоємним і застосовує кілька небезпечних продуктів, таких як сірчана кислота. Це зумовлює додаткове навантаження на навколишнє середовище, що знижує "екологічну якість" світлодіодних джерел світла.

Стан безпеки експлуатації СВД-світильників визначається:

- потребою в стандартах, які застосовувалися б у промисловості при розробленні нових виробів, насамперед, для забезпечення їх сумісності, взаємозамінності та безпечності; стандартах на вимірювання характеристик та випробування СВД виробів; стандартах на проектування освітлення з використанням СВД виробів;
- потребою в об'єктивній інформації про характеристики СВД ламп і світильників, яка сприяла б розвитку ринку якісних виробів і гарантувала б споживачам реальну відповідність характеристик задекларованих даних та створення бар'єрів проти фальсифікації продукції.

Вкрай необхідно встановити мінімальні вимоги до світлодіодних виробів, для того щоб продукція, яка має гірші показники, не постачалася на ринок ані вітчизняними виробниками, ані постачальниками імпортової продукції. Іншими словами, слід розробити та запровадити технічний регламент або доповнення до діючого технічного регламенту з безпеки низьконапружного електрообладнання щодо суттєвих характеристик СВД виробів, у який включити вимоги з пожежної безпеки.

Висновок. Світлодіодні модулі чутливі до впливу високих температур, як і більшість твердотільних електронних компонентів, тому вони повинні бути перевірені на сумісність для використання у повністю або частково закритих світильниках, оскільки накопичення тепла може викликати вихід з ладу і / або пожежу. Слід також зазначити, що в нормативних документах до цього часу не передбачено вимог безпеки для використання світлодіодних джерел світла, хоча світильники та лампи на основі СВД уже набули досить широкого застосування.

Вимоги до СВД-світильників в основному збігаються із вимогами до світильників на лампах розжарювання. Відсутність дослідження відповідності вимог з пожежної безпеки для світлодіодної продукції ставлять цю продукцію по суті поза законом, тому внесення змін до проаналізованих НД стосовно СВД-ламп та світильників є актуальним питанням. Безумовно, що такі зміни може бути внесено лише на основі комплексних досліджень та випробувань освітлювальної техніки з СВД модулями. З цією метою автори проводять оснащення дослідної установки, згідно з ІЕС 60695-2-10, для НДЛ пожежної безпеки ЛДУ БЖД.

Список літератури:

1. <http://www.leonorm.com.ua/Default.php?rescode=0510&Page=stcatalog>
2. IEC 60050-845:1987. International electrotechnical vocabulary. Chapter 845: Lighting (Міжнародний елек-тротехнічний словник. Глава 845: Світлотехніка).
3. DD IEC/TS 62504. Terms and definitions for LEDs and LED modules in general lighting (Терміни та визначення стосовно СВД та модулів СВД загального освітлення).
4. DD IEC 62560. Self-ballasted LED-lamps for general lighting services by voltage > 50V — Safety specifications (Лампи світлодіодні загального освітлення на напругу живлення понад 50 В, поєднані з допоміжними пристроями — Специфікації безпеки).
5. IEC 62384:2006. DC or AC supplied electronic control gear for LED modules — Performance requirements (Електронні пристрої живлення модулів СВД від джерел сталої або змінної напруги).
6. IEC 61347-2-13:2006. Lamp controlgear — Part 2-13: Particular requirement for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules (Допоміжні пристрої живлення модулів СВД. Частина 2-13. Особливі вимоги до електронних пристроїв живлення модулів СВД від джерел сталої або змінної напруги).
7. IEC 60838-2-2:2006. Miscellaneous lampholders — Part 2-2: Particular requirements — Connectors for LED-modules (Лампові патрони різних видів. Частина 2-2. Особливі вимоги. Приєднувачі для модулів СВД).
8. IEC 62031:2008. LED modules for general lighting — Safety specifications (Модулі СВД загального освітлення — Специфікації безпеки).
9. IEC 60061.1:1995. Lamps caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety — Part 1: Lamp caps (Цоколі та патрони лампові разом з калібрами для перевірки їх взаємозамінності та безпечності. Частина 1. Лампові цоколі).
10. IEC 60968:1999. Self-ballasted lamps for general lighting service — Safety requirements (Лампи загального освітлення, поєднані з баластами — Вимоги безпеки).
11. Кожушко Г. М., Проблеми стандартизації СВД [Текст] / Г. М. Кожушко, В. І. Ткаченко, С. В. Шпак // Стандартизація. Сертифікація. Якість. — 2011. — № 2. — С. 3-5.
12. Вулфман Х. Л. Министерство энергетики США: программа разработки стандартов на светодиодные лампы и программа испытаний ламп и светильников «CAL I PER» // Светотехника. — 2010. — № 4. — С. 30—34.

References:

1. <http://www.leonorm.com.ua/Default.php?rescode=0510&Page=stcatalog>
2. IEC 60050-845:1987. International electrotechnical vocabulary. Chapter 845: Lighting.
3. DD IEC/TS 62504. Terms and definitions for LEDs and LED modules in general lighting.
4. DD IEC 62560. Self-ballasted LED-lamps for general lighting services by voltage > 50V — Safety specifications.
5. IEC 62384:2006. DC or AC supplied electronic control gear for LED modules — Performance requirements.
6. IEC 61347-2-13:2006. Lamp controlgear — Part 2-13: Particular requirement for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules.
7. IEC 60838-2-2:2006. Miscellaneous lampholders — Part 2-2: Particular requirements — Connectors for LED-modules.
8. IEC 62031:2008. LED modules for general lighting — Safety specifications.
9. IEC 60061.1:1995. Lamps caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety — Part 1: Lamp caps.
10. IEC 60968:1999. Self-ballasted lamps for general lighting service — Safety requirements.
11. Kozhushko, G. M. (2011), «LED standardization challenges», G. M. Kozhushko, V. I. Tkachenko and S. V. Shpak //Standartyzatsiya . Sertyfikatsiya . Yakist, no. 2, pp. 3-5.///
12. Vulfman, H. L. (2010), US Department of Energy: a program for developing standards for LED lamps and test program lamps and fixtures «CAL I PER» // Lighting engineering.