

УДК 004.925.8:[628.921](043.2)

Я. Г. СКОРЮКОВА, С. М. МАРКОВ

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНОГО ОСВІТЛЕННЯ В НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЯХ*Вінницький національний технічний університет
21021, Хмельницькое шоссе, 95, г. Винница, Украина*

Аннотация. В статье обоснована необходимость внедрения современного освещения. Проанализованы основные характеристики светодиодных светильников наиболее известных отечественных производителей относительно возможности их применения в учебных помещениях. Проведено моделирование распределения света на примере реального учебного помещения с использованием программы DIALux.

Ключевые слова: современное освещение, LED-освещение, LED-светильники, LED-панели, моделирование распределения освещения в помещении, модель освещения, программа DIALux

Анотація. У статті обґрунтовано необхідність впровадження сучасного освітлення. Проаналізовано основні характеристики світлодіодних світильників найбільш відомих вітчизняних виробників щодо придатності їх застосування в навчальних приміщеннях. Змодельований розподіл світла LED-світильників на прикладі реального навчального приміщення з використанням програми DIALux.

Ключові слова: сучасне освітлення, LED-освітлення, LED-світильники, LED-панелі, моделювання розподілу освітлення в приміщенні, модель освітлення, програма DIALux

Abstract. The article substantiates the need to introduce modern lighting. The main characteristics of LED lamps of the most well-known domestic manufacturers regarding the possibility of their use in classrooms have been analyzed. The light distribution was simulated by the example of a real classroom using the DIALux program.

Keywords: modern lighting, LED-lighting, LED-lamps, LED-panels, modeling the distribution of lighting in the room, lighting model, the program DIALux

DOI: 10.31649/1681-7893-2018-36-2-85-93

ВСТУП

В наш час досить актуальною є проблема забезпечення якісного освітлення приміщень. Особливо, це стосується приміщень, які за цільовим призначенням є навчальними (або інші, де виконуються роботи з підвищеним навантаженням на зір) [1, 2]. З одного боку, це пов'язано з необхідністю впровадження енергозберігаючих технологій, а з другого – необхідністю осучаснення приміщень та покращення якості освітлення, яке відповідатиме санітарним нормам. При цьому, світові тенденції розвитку штучного освітлення змушують рухатись шляхом енергоефективності, ергономічності, екологічності та комфортності.

Зрозуміло, що оптимальне та комфортне освітлення в учбових приміщеннях є одним із важливих чинників технічного забезпечення якісної освіти в навчальних закладах.

Відомо, що світло впливає не тільки на функції зору людини але й на діяльність всього організму. Неякісне (дискомфортне) світлове середовище призводить до передчасної втоми, і як наслідок, зменшується концентрація уваги і рівень засвоєння учбового матеріалу.

При цьому, не останню роль в сучасних економічних умовах прагнення енергетичної незалежності відіграє фактор енергозбереження.

За підрахунками експертів в Україні для освітлення витрачається понад 32 млрд. кВт*год електроенергії, що складає близько 30% загального обсягу її споживання [3]. Питома вага витрат електроенергії в Україні на освітлення практично у 2-2,5 рази вища, ніж у розвинених країнах. Це зумовлено, більшою мірою, використанням у світильниках малоефективних джерел світла, експлуатацією старих, фізично зношених світильників з неприпустимо низькими характеристиками відбивачів і розсіювачів, відсутністю систем регулювання освітлення.

Тому, підвищення енергоефективності систем освітлення є одним з пріоритетів енергетичної політики та дієвим механізмом економії електроенергії, що витрачається на освітлення.

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В навчальних закладах України на даний момент існує значна кількість навчальних приміщень, які обладнанні застарілими світильниками з люмінесцентними лампами. Намагання зменшити витрати при

закупівлі часто призводить до того, що обирається найдешевший варіант низької якості. Результатом цього є порушення санітарних умов навчання молоді, організм якої надзвичайно чутливий до штучного освітлення із смугастим спектром люмінесцентних ламп.

Таке випромінювання – результат поєднання декількох пікових значень різної довжини хвиль (рис. 1).

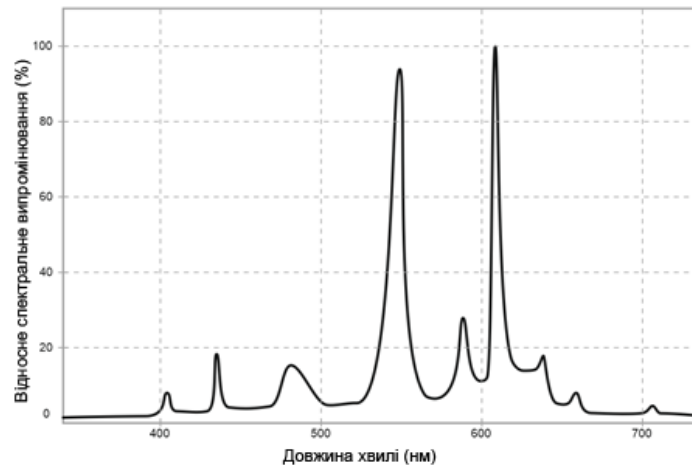


Рис. 1. Спектральна характеристика люмінесцентних ламп

До того ж, до недоліків світильників з люмінесцентними лампами відноситься наявність шуму дроселів під час роботи та наявність значних пульсацій (40-70%). Хоча пульсації частотою більше 50 Гц не сприймаються оком людини, проте медичні дослідження показали, що мозок продовжує сприймати і реагувати на зміни сприйнятої зорової інформації аж до частоти 300 Гц. Найнебезпечніше в «не візуальній» дії світла те, що ми не відчуваємо його прямиї вплив на наш організм і тому не приймаємо заходи для зменшення негативних наслідків такого впливу на наше здоров'я. В результаті з'являється напруга в очах, підвищена втомлюваність, головний біль і, як наслідок, розлад біологічних ритмів людини та, так звані, «циркадні стреси». Це у свою чергу може стати причиною депресій, безсоння та патологій серцево-судинної системи.

Враховуючи те, що термін експлуатації люмінесцентних ламп складає не більше 10 тис. годин, а рівень деградації - 30-40% в рік, то стає очевидним, що їх заміна має відбуватися кожні 2-3 роки.

Не останнім фактором необхідності заміни люмінесцентних ламп є вміст ртуті, що потребує додаткових витрат на їх подальшу утилізацію.

Таким чином, стає очевидним доцільність модернізації освітлення в навчальних приміщеннях шляхом переходу на джерела світла із сучасною елементною базою.

Ще один аспект освітлення навчальних приміщень полягає в тому, що при початковому проектуванні геометрії розташування джерел світла не завжди було враховано рівномірне розподілення світлового потоку на робочих поверхнях. В більшості випадків проста заміна старих світильників на нові сучасні в старій конфігурації розміщення не дасть необхідних результатів саме через нерівномірність розподілення світла.

При проектуванні освітлення як в нових навчальних приміщеннях, так і при модернізації вже існуючих приміщень шляхом заміни старих освітлювальних приладів на нові, виникає необхідність вирішення таких основних питань:

1. Які світильники встановлювати?
2. Скільки?
3. Де саме?

Відповіді на ці питання дадуть можливість розглянути особливості впровадження сучасного освітлення в приміщеннях навчальних закладів та аналогічних за призначенням.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Вирішення першого питання передбачає вибір не тільки типу джерела випромінювання, а і вибір конструктивних особливостей світильників. Зрозуміло, що при виборі освітлювальних приладів перевага на даний момент надається світлодіодним світильникам, оскільки саме вони за якісними характеристиками є найлижчими до сонячного світла.

Технологія їх виготовлення досягла рівня масового впровадження і має суттєві переваги перед існуючими типами люмінесцентних ламп (а тим більш ламп розжарювання), а саме:

- енергоспоживання у порівнянні із люмінесцентними світильниками зменшується в 3-5 разів при однаковому світловому потоку;
- енергоефективність - світлова ефективність або світлова віддача – відношення світлового потоку, що випромінюється світильниками до спожитої потужності (Лм/Вт).
- реальний термін експлуатації випромінювальних елементів збільшується в 4-7 разів;
- відсутність необхідності в утилізації;
- рівень пульсацій світлового потоку менше в порівнянні з дросельним живленням люмінесцентних ламп (0,5-10% проти 40-70%);
- покращена спектральна характеристика в порівнянні з люмінесцентними лампами (рис.1-3) [1 – 2].

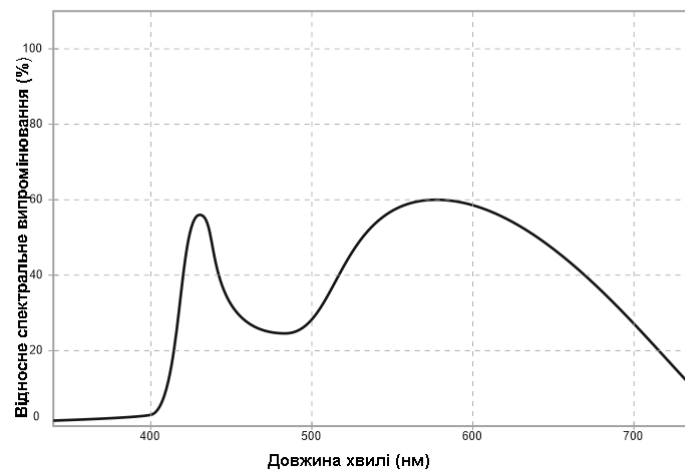


Рис. 2. Спектральна характеристика світлодіоду

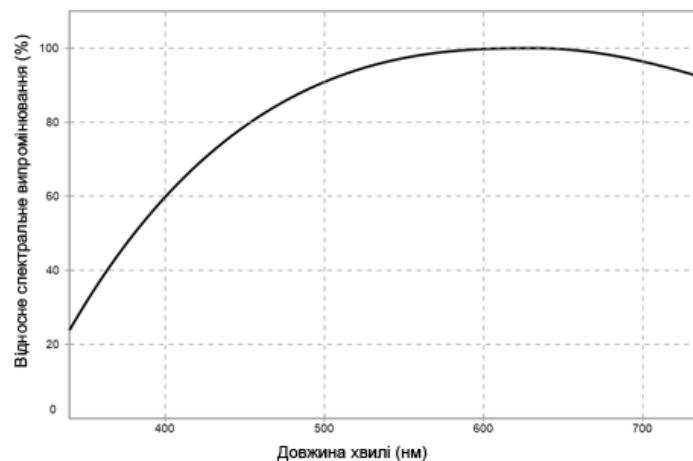


Рис. 3. Спектральна характеристика сонячного світла

На даний момент на ринку представлена велика кількість різних типів світлодіодних світильників. Вони розрізняються за типом конструкції, потужністю споживання, величиною світлового потоку, кількістю та типом світлодіодів, ціною та іншими характеристиками.

Серед них найбільш придатними для встановлення та використання в навчальних приміщеннях згідно з останньою редакцією ДБН [4-5] є світильники, що відповідають таким критеріям:

- енергоефективність - в якісних сучасних світлодіодних приладів світлова ефективність становить не менше 120 лм/Вт – при цьому споживання електроенергії такими приладами становить менше 35% від споживання найбільш популярними люмінесцентними світильниками при еквівалентному потоці світла;

- згідно діючих ДБН показник дискомфорту – це критерій оцінки дискомфортної блискавості, яка викликає неприємні відчуття при нерівномірному розподіленні яскравості в полі зору і яку спроможні ефективно нівелювати лише матові розсіювачі;

- кут розсіювання (характеристика кривої розподілення світла) має бути таким, щоб створити рівномірне освітлення по всій робочій площині;

- колірна температура – 3500-4500K;

- індекс кольоропередачі (CRI) – не менш 80;

- рівень пульсації – 1-5%;

- термін експлуатації - у виробників якісних світлодіодних приладів термін служби світильників складає не менше 40 000 годин з гарантією не менше 5 років з дати виробництва [4-5].

Відповідно до цих критеріїв було проаналізовано світлодіодну продукцію найбільш відомих вітчизняних виробників. Результати аналізу наведено в табл.1.

З табл. 1 видно, що лише світильники виробників РАДІЙ, ВТН та ВАТРА відповідають вимогам енергоефективності. Але по індексу кольоропередачі світильники РАДІЙ не вкладаються в задані параметри. Декілька параметрів світильника ВАТРА відсутні для порівняння. За сукупними технічними параметрами лідирують світильники ВТН.

Окремо стає питання про ціну світильників, яка залежить від вартості оптичного розсіювача, корпусу, електронних компонентів та працездатності на виготовлення. Висока ціна може окупитись в майбутньому за рахунок збільшеного гарантійного терміну і особливо, показнику енергоефективності, що вплине на рахунки за спожити електроенергію.

Отже, відповіддю на перше питання є вибір на користь світлодіодних освітлювальних приладів з відповідними конструктивними рішеннями.

Для відповіді на інші два питання стає очевидним необхідність створення моделі розподілення світла в приміщенні, що освітлюється.

При виборі оптимальної кількості світлодіодних світильників та геометрії їх розташування необхідно враховувати:

- геометричні характеристики приміщення;
- наявність природного освітлення (кількість вікон, їх розміри та орієнтацію на сторони світу);
- кількість та розташування робочих місць, що потребують освітлення;
- санітарні норми освітлення в залежності від видів робіт, що виконуються в приміщенні;
- висоту стелі;
- колір та матеріал стін;
- відбивна властивість поверхонь.

Отже, стає очевидним доцільність попереднього створення моделі, що відобразить розподіл освітлення і при цьому врахує всі необхідні вимоги і характеристики.

Для реалізації цієї мети можуть бути використані відповідні програмні продукти, що дозволяють провести попереднє планування та моделювання освітлення в приміщенні. Прикладами програм цієї групи є Calculux (Philips), Lanzini Lighting Service (Lanzini), Ulysse (Schreder), SLI-Win (Sylvania), ProLite (Gewiss), Faellite (Faelluce) та багато інших.

Вони різняться за своїми функціональними характеристиками, ціною, наочністю візуалізації, дружністю інтерфейсу та іншими параметрами.

При виборі програмного середовища для проведення експериментального моделювання процесу розподілення світла в приміщенні було обрано програмний пакет DIALux, що призначений для розрахунку та дизайну освітлення[6].

Це безумовний лідер за своїми можливостями серед всіх безкоштовних програм. Найбільш якісна і багатофункціональна програма. Програма DIALux розробляється з 1994 року DIAL GmbH (Deutsche Institut für Angewandte Lichttechnik) - Німецьким Інститутом Прикладної Світлотехніки. Програма може використовувати дані освітлювального обладнання будь-яких виробників, у яких є електронні бази світильників в форматі, що підтримуються програмою DIALux. При цьому, в базі даних програмного пакету є список багатьох відомих світових виробників світлового обладнання, в тому числі і вітчизняних (наприклад, підприємства «Ватра») [6].

Її основними перевагами у порівнянні з аналогами є:

- доступність (безкоштовне завантаження та використання);
- можливість завантаження готових креслень, що виконані в інших графічних пакетах;
- можливість завантаження IES-файлів, що містять інформацію про фотометричні параметри світильників;
- можливість графічної візуалізації кінцевої моделі;

можливість оформлення остаточної проектною документації за результатами моделювання.

Таблиця 1 – Основні характеристики світлодіодних світильників найбільш відомих вітчизняних виробників

| Виробник | Еколайн Україна | LEDEffect | Світло України | Радій | ВТН | ВАТРА | Новатор |
|--|--|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Артикул | EU- ДВО(ДПО)- 01-024-0453- 20X | LE-СПО- 03-033- 1000-20X | LED-23-О- 112-Е опал | ПСС 25 60x60 | A66-3340- B2K | ДСО20У ЮПТЕР | ДВО 02У-40- 811 |
| Потужність Споживання, Вт | 24 | 33 | 23 | 23,6 | 23 | 36 | 40 |
| Світловий потік, Лм | 2 400 | 3200 | 2570 | 3000 | 3300 | 4320 | 4300 |
| Напруга живлення, В | 164-264 | 175-260 | 110-260 | 110-270 | 175-265 | 220 | 176-264 |
| Колірна температура, К | 5 000 | 5 000 | 4500 | 2500- 7000 | 4000 | 3750- 4750 | 5000 |
| Коефіцієнт використання потужності, cosφ | ≥0,95 | 0,9 | 0,98 | ≥0,95 | 0,9 | 0,95 | 0,9 |
| Тип світлодіодів | Harvatek (Тайвань) | NICHIA (Японія) | Cree, Seoul Semiconductor | - | OSRAM DURIS E5 | LG | - |
| Крива сили світла (КСС) | Д (косинусна) згідно ДСТУ 17677- 82 | Д | Рівномірна | Д(с) в С0-180 і С90- 270 | Розширена | - | Д |
| Ступінь захисту (IP) | IP20 | - | IP54 | IP30 | IP20 IP54 | IP20 | IP20 |
| Клас енергобезпеки | I клас – згідно ДСТУ ІЕС 60598-1- 2014 | I | - | II | | I | I |
| Енергоефективність, Лм/Вт | 100 | 97 | 118 | 127 | 144 | 120 | 107,5 |
| Пульсації світлового потіку, % | <3 | 1 | - | 1 | <5 | - | 5 |
| Індекс кольоропередачі (CRI), % | >80 | 80 | 80 | 75 | >80 | - | 80 |
| Ресурс роботи, год. | 50 000 | 50 000 | - | 100000 | 40 000 | 50 000 | - |
| Робоча температура, °С | +1 - +45 | +1 - +45 | -30 - +55 | -10 - +50 | - | -20 - +40 | 0 - +35 |
| Гарантія, років | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | - | 2 |
| Наявність сертифікаційних документів | + | + | + | + | + | + | + |

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Для моделювання була обрана типова навчальна аудиторія, в якій проводяться практичні та лекційні заняття з дисципліни «Інженерна графіка» Вінницького національного технічного університету.

Було сформовано основні параметри та вимоги щодо освітлення аудиторій такого типу згідно ДБН:

- 1) освітлюваність на робочому місці має складати 500лк;
- 2) площа та параметри приміщення: ширина – 5600 мм, довжина – 8000 мм;
- 3) кількість робочих місць – 30, і одне місце для викладача;
- 4) висота стелі – 2900 мм;
- 5) кількість вікон – три вікна з висотою – 2030 мм і шириною – 2100 мм орієнтацією на схід;
- 6) колір стін - світло-рожевий.

Вказані параметри та вимоги було задано в програмі DIALux. В результаті було отримано модель приміщення з розподілом світлом, що наведено на рис. 4.

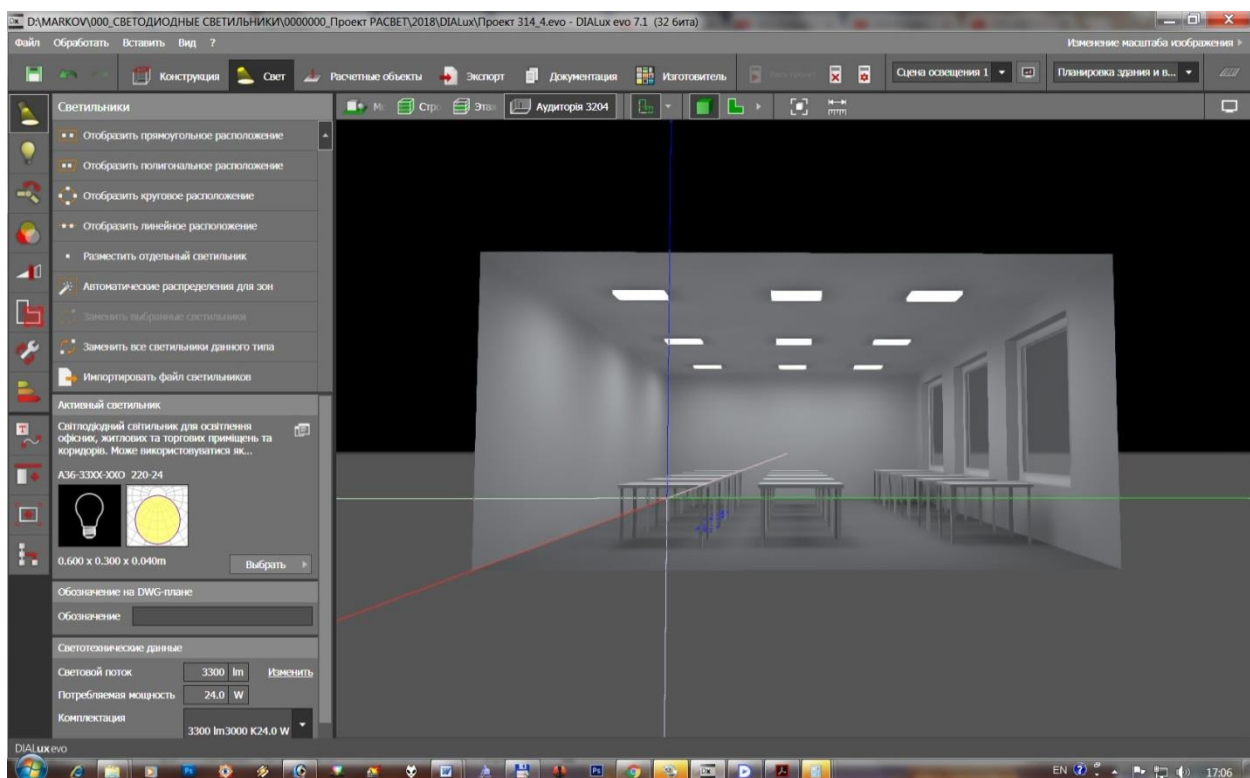


Рис. 4. Модель приміщення з розподілом світлом

У відповідності з вказаною моделлю було побудовано модель з використанням умовних кольорів, яка представлена на рис. 5. Така модель дає можливість наочної візуалізації рівномірності розподілу світла на поверхнях приміщення (в тому числі і робочих).

На підставі моделі розподілу світла з умовними кольорами було сформовано ортографічний план приміщення з ізолініями розподілу світлових потоків (представлено на рис.6).

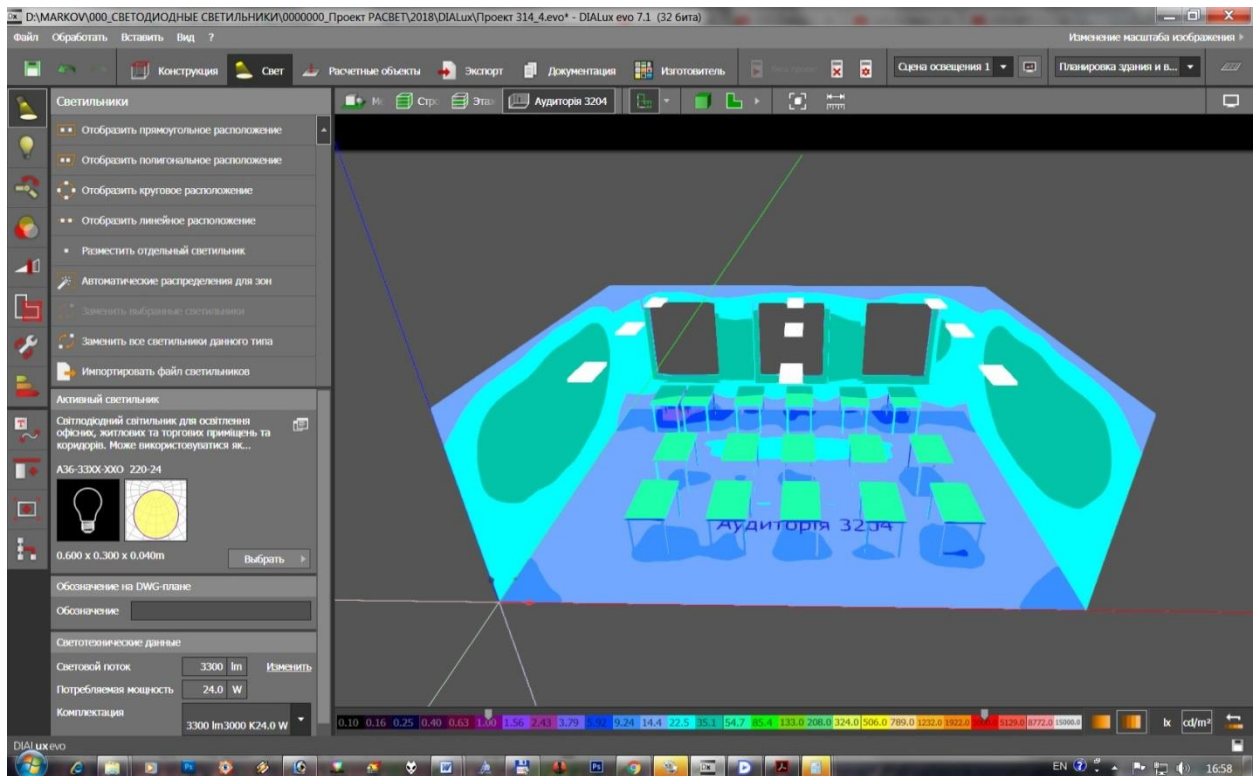


Рис. 5. Модель з використанням умовних кольорів

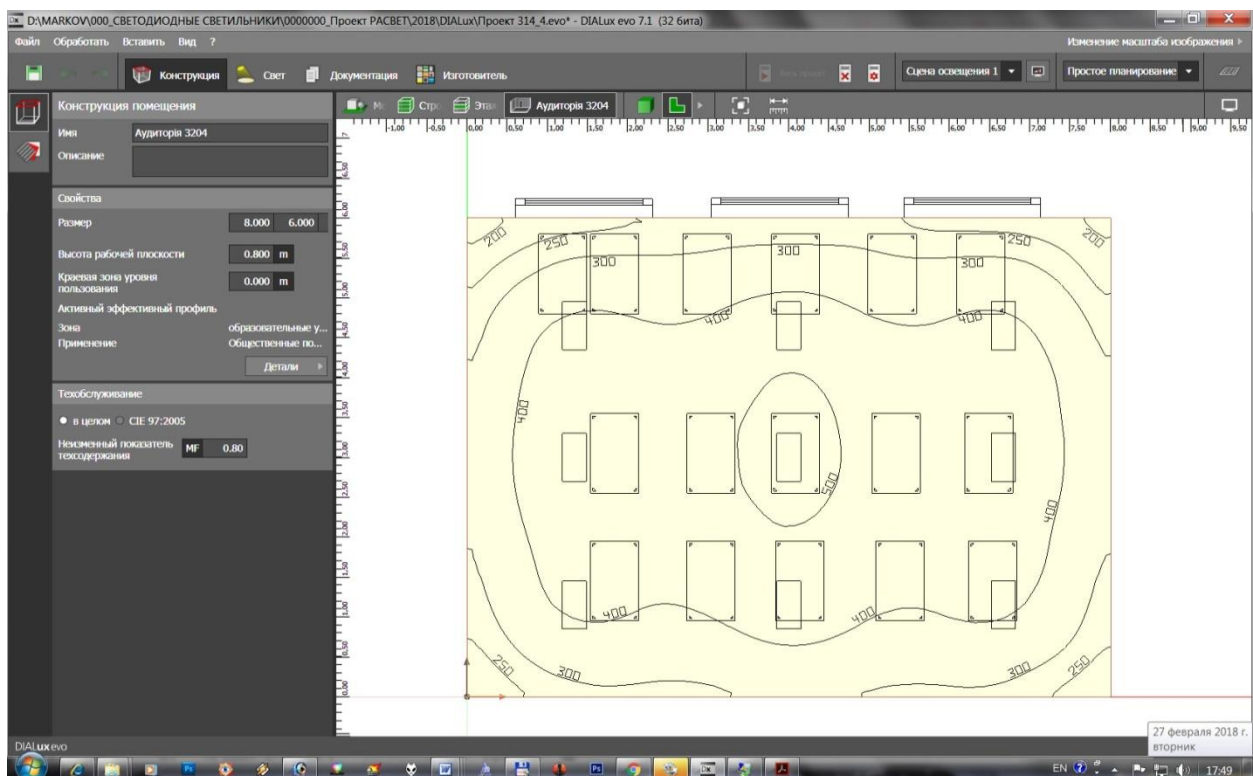


Рис. 6. Ортографічний план приміщення з ізолініями розподілу світлових потоків

ВИСНОВКИ

За результатами отриманих моделей в учбовому приміщенні площею 48 кв. м є доречним використання світлодіодних світильників ВТН типу А66-3340-В2К, що призначені для освітлення навчальних, офісних, житлових, торгових приміщень та коридорів. Такі світильники можуть бути вбудовані в підвісну стелю типу "Армстронг" з комітками 595x595 мм або змонтовані на підвісах. Кожен з них обладнаний матовим розсіювачем, що забезпечує відсутність сліпучого ефекту. Питома споживана потужність складає 4,50 Вт/м², що становить 1,15 Вт/м² / 100 Лк.

Отже, сумарний світловий потік для всіх світильників - 29700 Лм, загальна потужність споживання - 216,0 Вт, світловіддача - 137,5 Лм/Вт. Освітлюваність робочих поверхонь – від 300 до 500 Лк, що відповідає санітарним нормам.

За рахунок зменшення споживання електроенергії в порівнянні з люмінесцентними світильниками, термін окупності складає 2-3 роки в залежності від часу роботи.[8]

Результати моделювання можуть бути використані для складання та оформлення технічної документації для переобладнання освітлення приміщень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Джонатан Вейнерт. Светодиодное освещение. Принципы работы, преимущества и области применения / Вейнерт Джонатан. – Пер. с англ. – М. : 2010. – 150 с.
2. Справочная книга по светотехнике : справочник / [под общ. ред. Ю. Б. Айзенберга]. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 972 с.
3. Методи ощадного використання енергії. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : https://iskra-sveta.io.ua/s2605227/metodi_oshchadnogo_vikoristannya_energie
4. Природне і штучне освітлення : Державні будівельні норми України (ДБН В.2.5. – 28 – 2006, Додаток К) – [Чинний від 2006-01-01]. — Київ : Мінбуд України, 2006. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/%D0%94%D0%91%D0%9D-%D0%92.2.5-28-2006.pdf>
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 жовтня 2012 р. № 992 «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення» з Додатком.
6. Download DIALux. Professional lighting design with DIALux : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/>
7. Сафронова, О. О. Альтернативні методи освітлення в контексті вирішення питання підвищення енергоефективності інтер'єрного простору ВНЗ [Текст] / О.О. Сафронова // Вісник КНУТД. – 2013. – №6. – С. 166-174.
8. Офіційний сайт науково виробниче підприємство ВТН [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <https://vtnled.com/ua/solutions>

REFERENCES

1. Dzhonatan Veynert. Svetodiiodnoe osvveshenie. Printsipyi raboty, preimuschestva i oblasti primeneniya / Veynert Dzhonatan. – Per. s angl. – M. : 2010. – 150 s.
2. Spravochnaya kniga po svetotehnikе : spravochnik / [pod obsch. red. Yu. B. Ayzemberga]. – M. : Energoatomizdat, 2006. – 972 s.
3. Metodi oschadnogo vikoristannya energiyi. [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu : https://iskra-sveta.io.ua/s2605227/metodi_oshchadnogo_vikoristannya_energie
4. Prirodne i shtuchne osvvlennya : Derzhavni budivelni normi Ukrayini (DBN V.2.5. – 28 – 2006, Dodatok K) – [Chinniy vId 2006-01-01]. — Kiyiv : Minbud Ukrayini, 2006. [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu : <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/DBN-V.2.5-28-2006.pdf>
5. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayini vid 15 zhovtnya 2012 r. # 992 «Pro zatverdzhennya vimog do svitlodiiodnih svitlotehnichnih pristroyiv ta elektrichnih lamp, scho vikoristovuyutsya v merezah zminnogo strumu z metoyu osvvlennya» z Dodatkom.
6. Download DIALux. Professional lighting design with DIALux : [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu : <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/>

7. Safronova, O. O. Alternativni metodi osvitlennya v konteksti virishennya pitannya pidvischennya energoefektivnosti inter'ernogo prostoru VNZ [Tekst] / O.O. Safronova // Visnik KNUTD. – 2013. – #6. – S. 166-174.

8. Ofitsiyiny sayt naukovo virobniche pidpriemstvo VTN [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu : <https://vtnled.com/ua/solutions>

Надійшла до редакції 05.11.2018 р.

ЯНІНА ГЕРМАНІВНА СКОРЮКОВА — канд. техн. наук, доцент кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна

СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ МАРКОВ — завідувач лабораторіями кафедри лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна