

УДК 621.3.087.351

Ю. С. Бікс¹
О. Г. Ратушняк¹

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Розглянуто можливі першочергові заходи щодо ефективного використання електроенергії для освітлення сходових клітин та технічних приміщень в багатоквартирних будинках. Наведено переваги та недоліки основних енергоощадних освітлювальних пристроїв, які є на сучасному ринку електротехнічної продукції України. Наведено порівняльний аналіз окупності в укрупнених показниках для різних типів комбінованих систем «освітлювальний прилад-вимикач». Показано, що лише заміна простого вимикача світла на оптико-акустичний вимикач чи вимикач з інфрачервоним сенсором руху (PIR sensor) дозволить зекономити на освітленні суму близько 290 грн/рік у порівнянні зі звичайною лампою розжарювання на 40 Вт. Досягнутий економічний ефект дозволяє окупити витрати на цей тип комбінованої системи «освітлювальний прилад-вимикач» вже через 6—13 місяців, в залежності від тарифу на електроенергію та терміну роботи в темний період доби.

Ключові слова: енергоефективні лампи, сенсор руху, оптико-акустичний вимикач, діодне освітлення, лампи розжарювання, термін окупності, економічний ефект, тарифи на електроенергію.

Вступ

На сьогодні зменшення витрат на комунальні послуги взагалі та оплату рахунку за електроенергію зокрема є одним з критеріїв оптимального вибору підходу заходів щодо підвищення енергоефективності будівлі [1]. На рівні власника квартири це зводиться до зменшення питомих витрат на оплату за опалення в холодний період року та оплату електроенергії, яка з огляду тенденції до стрімкого зростання тарифів [2] буде значною статтею заощадження.

Метою статті є аналіз сучасних енергоощадних освітлювальних ламп, систем керування тривалістю їхнього ввімкнення, а також розроблення пропозицій щодо підвищення енергоефективності при освітленні багатоповерхових будинків.

Постановка завдання

Дані про наявні на ринку України системи освітлення та керування тривалістю ввімкнення для використання в освітленні сходових площадок багатоквартирних будівель [3—9] дозволять проаналізувати їх за енергоефективною експлуатацією систем освітлення та запропонувати оптимальний з точки зору терміну окупності та вартості варіант. Динаміка зростання тарифів [2] з 01.04.2015 р. по 01.01.2017 р. включно (рис. 1), яка суттєво збільшує матеріальні витрати, а саме в 1,66 рази у порівнянні з тарифом від 01.04.2015 р. (рис. 2) свідчить про нагальну потребу заміни енергозатратних освітлювальних ламп розжарювання на сучасні, енергоефективніші.

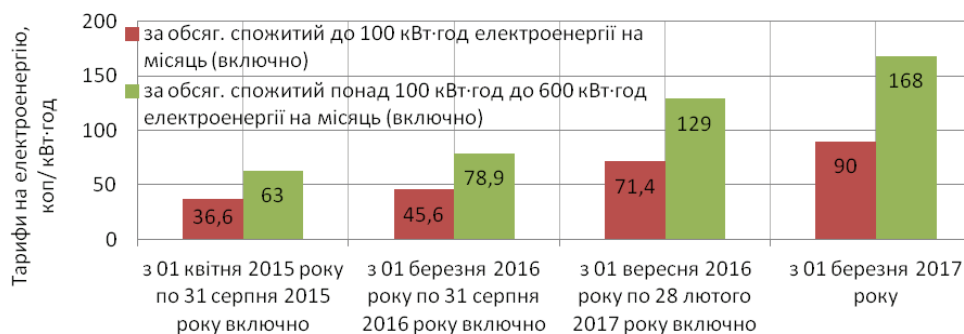


Рис. 1. Темпи зростання тарифів за електроенергію (абсолютні)



Рис. 2. Темпи зростання тарифів за електроенергію (відносні)

Основний матеріал та результати досліджень

Для повноти розуміння шляхів зниження витрат на оплату електроенергії за освітлення, запропоновано схему основних факторів впливу для отримання енергоощадного освітлення (рис. 3).





Рис. 3. Фактори впливу отримання енергоощадного освітлення

Незважаючи на тенденцію масового переходу до використання в побуті енергоощадних ламп (люмінесцентних або ефективніших та безпечніших світлодіодних (Light emitting diode — LED)), пов'язаних в тому числі зі суттєвим збільшенням тарифів за спожиту електроенергію [1], лампи розжарювання на ринку освітлювальних приладів України наразі ще використовуються.

При цьому в країнах ЄС вже з 2009 року діє програма поступового припинення виробництва та вилучення з обігу ламп розжарювання [10]. У країнах СНД ця тенденція також має місце. Наприклад, в Узбекистані з 1 січня 2017 року продаж ламп розжарювання потужністю більше 40 Вт буде заборонено, а власне виробництво LED ламп незабаром витіснить звичайні лампи денного світла [11]. У м. Руставі (Грузія) працює перше підприємство мікроелектронного обладнання AG Microelectronics, яке щомісяця випускає 20 тисяч світлодіодів різної потужності [12]. Варто зазначити, що на ринку України з'являється все більше фірм, які продають а також виготовляють різноманітну енергоощадну освітлювальну продукцію, зокрема LED лампи та світильники для різних сфер застосування (із використанням імпортованих чіпів LED).

Основною альтернативою лампам розжарювання в контексті підвищення енергоефективності в системах освітлення на сьогодні є два типи ламп: люмінесцентні та світлодіодні, кожний тип з яких має свої переваги та недоліки [13], основні з яких наведено у табл. 1.

Переваги та недоліки енергоощадних ламп

| Тип лампи | Переваги | Недоліки |
|--|---|--|
|  Світлодіодна лампа (LED) | <ul style="list-style-type: none"> — миттєве досягнення максимальної яскравості; — не містить ртуті та інших шкідливих матеріалів; — світло високої якості; — регульована яскравість; — вищий рівень енергоефективності; — високий рівень яскравості; — термін служби — 20—35 років; — довгий термін експлуатації в режимі вкл./викл. | <ul style="list-style-type: none"> — вищі початкові витрати в порівнянні з компактними люмінесцентними лампами |
|  Компактна люмінесцентна лампа (КЛЛ) | <ul style="list-style-type: none"> — Нижчі початкові витрати в порівнянні зі світлодіодними лампами | <ul style="list-style-type: none"> — досягнення максимального рівня яскравості із затримкою; — містить канцерогенну ртуть; — яскравість не регулюється; — світло низької якості; — випромінює ультрафіолетове світло; — термін служби до 13 років; — вимагає спеціальної утилізації |

Цілком очевидно, що в короткостроковій перспективі в нашій державі лампи розжарювання поступово повністю вийдуть з ужитку та їх виробництво буде замінено прогресивнішими, безпечнішими та енергоефективнішими лампами LED.

В багатьох багатоквартирних будинках мешканці встановлюють енергоощадні лампи в своїх оселях, а також для освітлення міжповерхових сходових клітин та маршів. Також змінюють систему живлення для цього освітлення (наприклад, з улаштуванням знижувального трансформатора на 12 В постійного струму та заміною ламп розжарювання на діодні модулі потужністю в декілька Вт. Існуюча тенденція щодо збільшення тарифів за електроенергію лише пришвидшить ці перетворення, які мають на меті мінімізувати оплату рахунків за освітлення.

Окрім економних LED ламп та світильників різноманітного виконання та призначення, які є популярнішими для освітлення, набуває поширення використання додаткових пристроїв регульовальної автоматики (див. табл. 1).

Це дозволяє мінімізувати витрату електроенергії на освітлення шляхом вмикання освітлення лише у разі потреби в темну пору доби (реагування на рух, звук, інфрачервоне випромінювання об'єкта) протягом фіксованої та регульованої тривалості ввімкнення.

Аналіз бази патентів нашої країни [14, 15], реальний досвід впровадження систем економного освітлення [4—6, 13], а також численні публікації у відкритому доступі [10—12] свідчать про те, що комбінована система «освітлювальний прилад-вимикач», яка є логічним поєднанням ефективних ламп освітлення та регулюючої автоматики, в сумі дає суттєвий економічний ефект за рахунок зменшення витрат електроенергії на освітлення.

Для подальшого аналізу енергоефективності та терміну окупності запропоновано декілька альтернативних варіантів комбінованої системи «освітлювальний прилад-вимикач» (рис. 4), виконаних на базі чисельного моделювання (див. табл. 2).

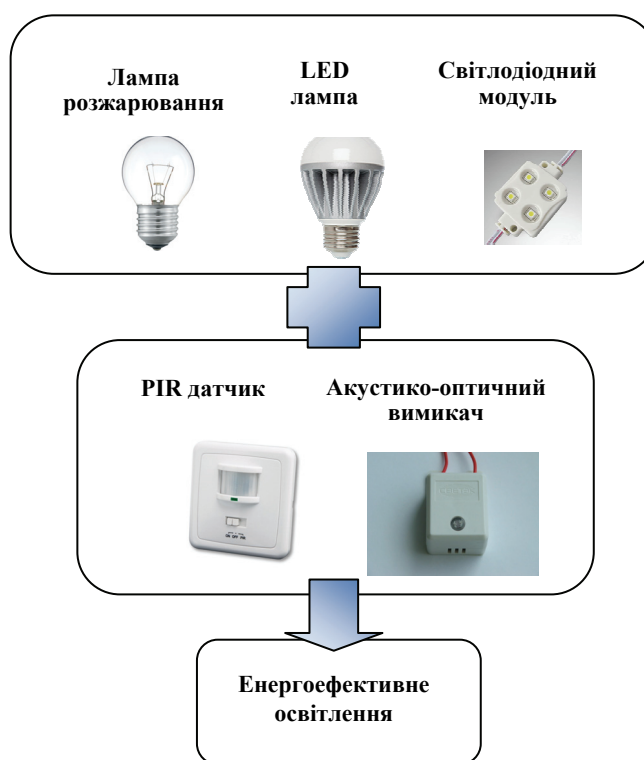


Рис. 4. Варіанти комбінованої системи «освітлювальний прилад-вимикач»

Аналіз ефективних систем «освітлювальний прилад-вимикач» проведено у порівнянні з лампою розжарювання 40 Вт, яка є поширеною для освітлення сходових клітин у будинках різної поверховості.

Статті витрат для порівняльного розрахунку (окрім вартості праці монтажу системи):

1. Додаткова споживана потужність пристрою (трансформатора, блоку живлення, вимикача), Вт;
2. Вартість елемента освітлення, грн;
3. Вартість додаткових пристроїв для забезпечення освітлення на одну точку, грн (наприклад частка вартості трансформатора);
4. Кількість елементів освітлення на один під'їзд (9 поверхів), шт.;
5. Кількість додаткових пристроїв на один під'їзд (9 поверхів), шт.;
6. Час роботи за добу, годин (взято усереднене значення — 12 годин).

Слід зазначити, що вартість елементів освітлення та додаткових пристроїв взята за даними усереднених цін за результатами цінового моніторингу по Україні станом на лютий 2016 року з мережі Інтернет [13—15].

Таблиця 2

Порівняльна характеристика вартості електроенергії для освітлювальних систем

| Типи освітлювальних систем | Світлодіод (3Вт) | Світлодіодна лампа (7 Вт) | Лампа розжарювання (40 Вт) | Лампа розжарювання (40 Вт)+акустико-оптичний вимикач | Світлодіодна лампа (7Вт)+акустико-оптичний вимикач | Світлодіод (3 Вт) + акустико-оптичний вимикач | Лампа розжарювання (40Вт) + PIR sensor | Світлодіод (3Вт) + PIR sensor | Світлодіодна лампа (7Вт) + PIR sensor | |
|--|---|---------------------------|----------------------------|--|--|---|--|-------------------------------|---------------------------------------|-------|
| Показники | | | | | | | | | | |
| Потужність, Вт | 3 | 7 | 40 | 40 | 7 | 3 | 40 | 3 | 7 | |
| Додаткова споживана потужність пристрою (трансформатора, блоку живлення, вимикача) Вт/добу | 0,3 | — | — | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | |
| Кількість елементів освітлення на один під'їзд (9 поверхів), шт. | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| Кількість додаткових пристроїв на один під'їзд (9 поверхів), шт. | — | — | — | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| Час роботи за добу (середній), годин | 12 | 12 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Вартість оплати електроенергії для однієї одиниці освітлення (за добу) | з 01.03.2016 р. по 31.08.2016 р. включно, грн | 0,029 | 0,066 | 0,379 | 0,032 | 0,006 | 0,003 | 0,032 | 0,003 | 0,006 |
| | з 01.09.2016 р. по 28.02.2017 р. включно | 0,047 | 0,108 | 0,619 | 0,052 | 0,009 | 0,005 | 0,052 | 0,005 | 0,010 |
| | з 01.03.2017 р. | 0,61 | 0,141 | 0,806 | 0,068 | 0,012 | 0,006 | 0,068 | 0,006 | 0,012 |
| Вартість оплати електроенергії для однієї одиниці освітлення (за рік) | по 28.02.2017 р. включно, грн | 13,78 | 31,89 | 182,24 | 15,26 | 2,73 | 1,33 | 15,34 | 1,40 | 2,81 |
| | з 01.03.2017 р., грн | 22,26 | 51,51 | 294,34 | 24,65 | 4,42 | 2,15 | 24,77 | 2,27 | 4,54 |
| Вартість елемента освітлення, грн | 14,3 | 105 | 8 | 8 | 105 | 14,3 | 8 | 14,3 | 105 | |
| Вартість додаткових пристроїв для забезпечення освітлення на одну точку, грн | 27,78 | — | — | 100 | 100 | 127,78 | 100 | 127,78 | 100 | |

Продовження таблиці 2

| | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Вартість облаштування однієї одиниці освітлення (переобладнання) на сьогодні без оплати праці електрика, грн | 42,08 | 105 | 8,00 | 108 | 205 | 142,08 | 108 | 142,08 | 205 |
| Вартість облаштування однієї одиниці освітлення (переобладнання) в цінах на 29.01.2016 р. без оплати праці електрика + оплата електроенергії по 28.02.2017 р. включно, грн/рік | 55,86 | 136,89 | 190,24 | 123,26 | 207,73 | 143,41 | 123,34 | 143,48 | 207,81 |
| Вартість облаштування однієї одиниці освітлення (переобладнання) в цінах на 29.01.2016 р. без оплати праці електрика + оплата електроенергії з 01.03.2017 р., грн/рік | 64,34 | 156,51 | 302,34 | 132,65 | 209,42 | 144,22 | 132,77 | 144,35 | 209,54 |
| Термін окупності однієї одиниці освітлення (у порівнянні з лампою розжарювання 40 Вт) в цінах на 29.01.2016 р. без оплати праці електрика по 28.02.2017 р. включно, місяців | 3,5 | 8,6 | 12,0 | 7,8 | 13,1 | 9,0 | 7,8 | 9,1 | 13,1 |
| Термін окупності однієї одиниці освітлення (у порівнянні з лампою розжарювання 40 Вт) в цінах на 29.01.2016 р. без оплати праці електрика з 1.03.2017 р., місяців | 2,6 | 6,2 | 12,0 | 5,3 | 8,3 | 5,7 | 5,3 | 5,7 | 8,3 |

Для більшої наочності вищенаведених даних табл. 2, оціночні чисельні характеристики оплати електроенергії та терміну окупності показано на графіках (рис. 5, 6).

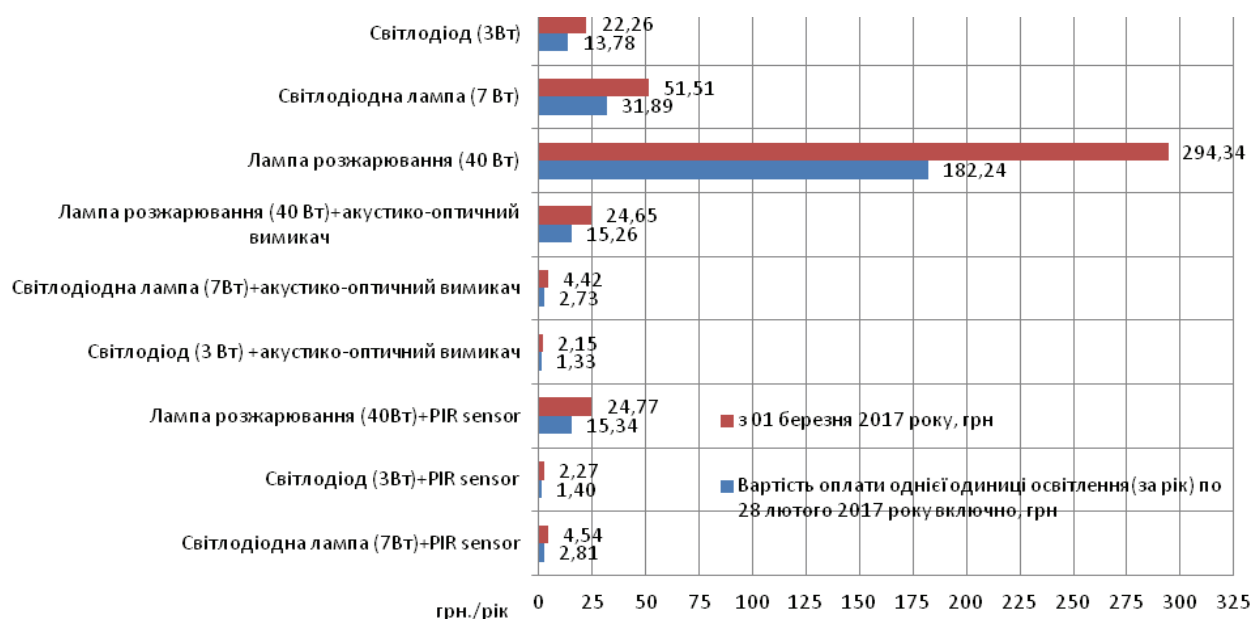


Рис. 5. Порівняння оціночної оплати електроенергії, грн./рік для різних варіантів комбінованих систем «освітлювальний прилад-вимикач»

Таким чином, аналізуючи дані табл. 2, рис. 5 та 6, з урахуванням вартості елементів освітлення на сьогодні, можна зробити очевидний висновок про те, що, незважаючи на високу первинну вартість ламп LED та вимикача (PIR або оптико-акустичного), доцільно об'єднати енергоощадне освітлення з керованою тривалістю ввімкнення. Так вартість оплати за освітлення за використання світлодіодного модуля з акустико-оптичним вимикачем) дає економію близько 290 грн./рік з однієї лампи за тарифами, наведеними в [2], та окупність 6—9 місяців.

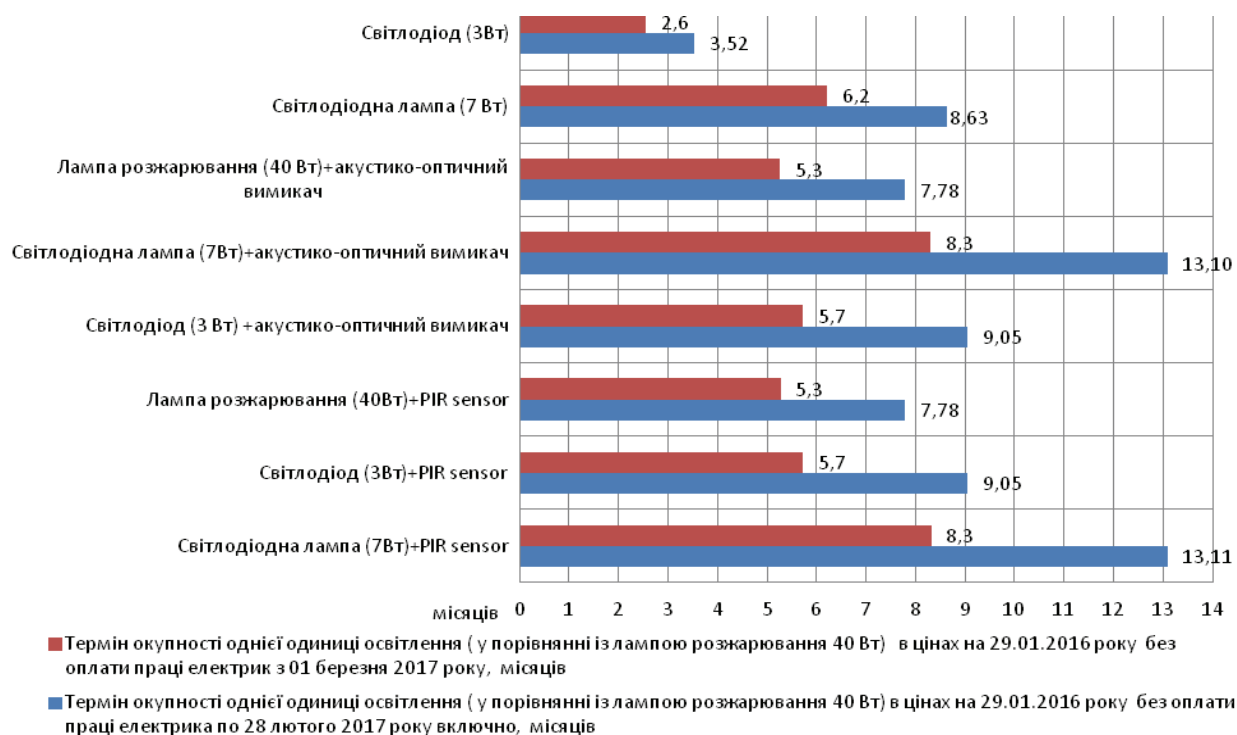


Рис. 6. Порівняння оціночного терміну окупності, місяців (у порівнянні з лампою розжарювання 40 Вт) з урахуванням збільшення тарифів для різних варіантів систем освітлення

З урахуванням усередненої тривалості безвідмовної роботи LED ламп 25000 годин, улаштування системи «освітлювальний прилад-вимикач» з використанням цих ламп або світлодіодних модулів є необхідним, економічно доцільним та актуальним для мешканців багатоквартирних будинків заходом, який дозволить зменшити витрати коштів на оплату рахунку за електроенергію.

Висновки

1. У зв'язку зі стрімким зростанням тарифів за електроенергію енергоефективним є запропоноване рішення системи «освітлювальний прилад-вимикач», а саме «LED лампа + оптико-акустичний вимикач», «LED лампа + PIR датчик», «світлодіодний модуль + оптико-акустичний вимикач», «світлодіодний модуль + PIR датчик». Менш ефективним буде рішення системи «лампа розжарювання + оптико-акустичний вимикач» та «лампа розжарювання + PIR датчик». Це дозволить значно зменшити частку коштів на оплату освітлення за електроенергію.

2. Найсуттєвішою буде економія з використанням системи «світлодіодний модуль + акустико-оптичний вимикач/PIR датчик» близько 300 грн/рік коштів на одній лампі.

3. В залежності від тарифів на електроенергію термін окупності переобладнання коливатиметься від 3 до 13 місяців та залежатиме від конкретного типу взятої освітлювальної системи.

4. Наведені значення терміну окупності систем «освітлювальний прилад-вимикач», а також вартість оплати електроенергії у разі їхнього використання можуть коливатися в незначних межах та не змінять загальної тенденції в порівнянні варіантів влаштування енергоощадного освітлення в під'їздах багатоквартирних житлових будинків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореформації будівель : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
2. Про встановлення тарифів на електроенергію, що відпускається населенню : Постанова № 220 від 26.02.2015 р. [Електронний ресурс] / Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг // Офіційний вісник України. — 2015. — № 15/1. — С. 399. — Режим доступу : <http://ovu.com.ua/proceedings/838>.
3. Кращі практики щодо енергозбереження у житлово-комунальному господарстві України. [Електронний ресурс] / [Ходко Н., Чорній Л., Романюк О., Борода М.]. — К. : Центр громадської експертизи, 2011. — 184 с. — Режим доступу : http://www.misto.esco.co.ua/best_practice/art94.pdf.

4. Энергосберегающее освещение [Электронный ресурс] / Управляющая компания ООО «Сити-Сервис». — Режим доступа : <http://city-svp.ru/energo/energosoivo.htm> .
5. Светодиодное освещение подъездов [Электронный ресурс] // Книга строителя. — Режим доступа : <http://knigastroitelya.ru/elektrichestvo/setodiodnoe-osveshhenie/svetodiodnoe-osveshhenie-podezdov.htm> .
6. Энергосберегающие выключатели, светильники и патроны [Электронный ресурс] // ECOTECO (Ecology, Technologies, Economics). — Режим доступа : <http://www.ecoteco.ru/id128/> .
7. Лампы E27 [Электронный ресурс] / Интернет-магазин светотехники и электротехники АксиомПлюс. — Режим доступа : http://axiomplus.com.ua/svetotehnika/led-lampy-e14-e27/?utm_source=yad&utm_medium=cpc&utm_term=купить%20лампочки%20лед&utm_content=kupit-led-lampochki&utm_campaign=LED-Lampy&yclid=1500798833693296868 .
8. Качественные LED лампы [Электронный ресурс] / Интернет супермаркет Розетка. — Режим доступа : http://rozetka.com.ua/lamps/c230135/?utm_source=yandex2&utm_medium=cpc&utm_campaign=search-house-ukraine&utm_term=Лед%20лампочки%20купить&utm_content=1049208356&yclid=1500821884916205796 .
9. LED лампы [Электронный ресурс] // Сайт OLX.ua — безкоштовні оголошення №1 в Україні. — Режим доступа : <http://olx.ua/uk/list/q-led-лампочки/> .
10. Евросоюз: лампы розжарювання доживають свій вік [Электронный ресурс] // DW Made for minds. — Режим доступа : <http://www.dw.com/uk/евросоюз-лампы-розжарювання-доживають-свій-вік/a-4602622> .
11. В Узбекистане через рік заборонять продаж ламп розжарювання більше 40 Вт [Электронный ресурс] // ECO town. Режим доступа : <http://ecotown.com.ua/news/V-Uzbekystani-cherez-rik-zaboronyat-prodazh-lamp-rozzharyuvannya-bilshe-40-Vt/> .
12. У Грузії почали виробляти LED-лампочки [Электронный ресурс] // ECO town. Режим доступа : <http://ecotown.com.ua/news/U-Hрузиї-pochaly-vyroblyaty-LED-lampochky-/> .
13. Светодиодное освещение — технология сегодняшнего дня [Электронный ресурс] // IXBT.com. — Режим доступа : <http://www.ixbt.com/infopages/verbatim-led-light.shtml> .
14. Пат. 99055 Україна, МПК H02J 3/00. Спосіб енергоощадного освітлення у сфері ЖКГ / Дзядикевич Ю. В., Гевко Б. Р., заявник та власник Дзядикевич Ю. В., Гевко Б. Р. — № u 201500052; заявл. 05.01.2015; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9.
15. Пат. 23364 Україна, МПК H05B 33/02. Світлодіодна система освітлення приміщень / Морозов А. О., Клименко В. П., Корбут В. Б., Ієвлев М. Г., Бутко В. Г., заявник та власник Інститут проблем математичних машин та систем НАН України. — № a201301335; заявл. 04.02.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 12.

Рекомендована кафедрою промислового та цивільного будівництва ВНТУ

Стаття надійшла 25.04.2016

Бікс Юрій Семенович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, e-mail: byman12@yandex.ru;

Ратушняк Ольга Георгіївна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри економіки підприємства та виробничого менеджменту, e-mail: ogratushnyak@mail.ru.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Yu. S. Biks¹
O. G. Ratushniak¹

Feasibility Study of Modern Energy Efficient Lighting Systems of Apartment Buildings

¹Vinnitsia National Technical University

The article describes the possible priority actions of electricity efficient usage for staircases and technical rooms lighting in apartment buildings. The advantages and disadvantages of the main energy-saving lighting products available on the market of electrical products in Ukraine are marked. For different types of combined systems «ighting devise-switch» the cost-benefit analysis in aggregated indexes is compared. It is shown that only the replacement of a simple switch on the optical-acoustic circuit breaker or switch with an infrared motion sensor (PIR sensor) will save on lighting worth about 290 UAH per year, in comparison with a conventional incandescent lamp of 40 W. The achieved economic effect allows recoup the cost of this type of combined «ighting devise-switch» system within 6—13 months, depending on the electricity tariff and the work duration in the dark.

Keywords: energy-efficient bulbs, motion sensors, optic-acoustic switch, diode lighting, incandescent light bulbs, pay-back period, economic effect, electricity rates.

Biks Yuriy S. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Industrial and Civil Engineering, e-mail: byman12@yandex.ru;

Ratushniak Olha G. — Cand. Sc. (Eng.) Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Enterprise Economics and Production Management, e-mail: ogratushnyak@mail.ru

Ю. С. Бикс¹
О. Г. Ратушняк¹

Технико-экономический анализ современных энергоэффективных систем освещения многоквартирных домов

¹Винницкий национальный технический университет

Рассмотрены возможные первоочередные мероприятия эффективного использования электроэнергии для освещения лестничных клеток и технических помещений в многоквартирных домах. Приведены преимущества и недостатки основных энергосберегающих осветительных приборов, имеющихся на современном рынке электротехнической продукции Украины. Для разных типов комбинированных систем «осветительный прибор—выключатель» приведен сравнительный анализ окупаемости в укрупненных показателях. Показано, что только замена простого выключателя света на оптико-акустический выключатель или выключатель с инфракрасным датчиком движения (PIR sensor) позволит сэкономить на освещении сумму около 290 грн/год по сравнению с обычной лампой накаливания на 40 Вт. Достигнутый экономический эффект позволяет окупить затраты на этот тип комбинированной системы «осветительный прибор—выключатель» уже через 6—13 месяцев, в зависимости от тарифа за электроэнергию и срока работы в темное время суток.

Ключевые слова: энергоэффективные лампы, датчик движения, оптико-акустический выключатель, диодное освещение, лампы накаливания, срок окупаемости, экономический эффект, тарифы на электроэнергию.

Бикс Юрий Семенович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства, e-mail: byman12@yandex.ru;

Ратушняк Ольга Георгиевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экономики предприятия и производственного менеджмента, e-mail: ogratushnyak@mail.ru