

Криворізький національний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГОРШКОВ ВІКТОР ВІКТОРОВИЧ

УДК 620.92

ДИСЕРТАЦІЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ НЕЧІТКЕ КЕРУВАННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ
ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ ТА НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

ТОМ 2

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

В.В. Горшков

Науковий керівник

Сінчук Олег Миколайович,
доктор технічних наук, професор

КРИВИЙ РІГ – 2024

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ДОДАТОК А. Рамочне оцінювання умов застосування зовнішнього освітлення в ряді міст світу | 3 |
| ДОДАТОК Б. Загальна протяжність мереж зовнішнього освітлення населених пунктів України..... | 7 |
| ДОДАТОК В. Нотатки до процесу проєктування мереж зовнішнього освітлення..... | 16 |
| ДОДАТОК Г. Характеристика спеціалізованих програм з модернізації мереж зовнішнього освітлення..... | 20 |
| ДОДАТОК Д. Параметри норм зовнішнього освітлення населених пунктів | 24 |
| ДОДАТОК Е. Технологічні параметри світильників, освітлювальних приладів та ландшафтів систем зовнішнього освітлення | 32 |
| ДОДАТОК Є. Системи керування і формат перфектних та експлуатованих систем керування зовнішнім освітленням..... | 45 |
| ДОДАТОК Ж. Технічні заходи з переоснащення систем електропостачання комплексів зовнішнього освітлення..... | 57 |
| ДОДАТОК З. Приклад визначення втрат електричної енергії в межах діючої ділянки мережі зовнішнього освітлення..... | 60 |
| ДОДАТОК И. Оцінювання рівнів ефективності використання в комплексах зовнішнього освітлення світлодіодних джерел світла..... | 66 |
| ДОДАТОК І. Превентивне оцінювання економічної ефективності при застосуванні рекомендованих варіантів керуваності комплексами зовнішнього освітлення..... | 69 |
| ДОДАТОК Й. Акти впровадження результатів дисертаційної роботи.. | 78 |

ДОДАТОК А

**Рамочне оцінювання умов застосування зовнішнього освітлення
в ряді міст світу**

Д.А.1 Рамочне оцінювання умов застосування зовнішнього освітлення в ряді міст світу

Для оцінювання загального стану та превентивного вибору спрямувань ЗО для його покращення в масштабах міст України проаналізуємо в перфектному варіанті ситуацію в цьому спрямуванні у форматі тих міст світу, де ця проблема має і вимагає особливого підходу. Це ті міста, де їх архітектура, ландшафт і кількість мешканців є системоутворюючим фактором у вирішенні даної проблеми. До переліку таких міст зі своєю системоутворюючою специфікою та відповідним впливом цього фактору на структурування систем ЗО входить і одне українське місто Кривий Ріг (Дніпропетровська обл.).

У рейтингу, який наведено нижче, представлено 5 міст світу – лідерів із найбільшою протяжністю електричних систем зовнішнього освітлення вулиць.

Замикає п'ятірку міст світу з найбільшою протяжністю місто Токіо, столиця Японії. Його довжина становить 92 км. У столиці Японії проживає понад 13 млн. громадян. На початку 2015 року британським журналом «Economist» місто Токіо було названо найбезпечнішим містом світу.

На четвертому місці – місто Пекін, столиця Китайської Народної Республіки – одне з найбільших міст у світі. Місто Пекін розкинулося на 107 км у довжину. У 2010 р. в Пекіні проживало 17,5 млн. осіб.

Третє місце займає місто Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., Україна. Місто є найвужчим з усіх найдовших міст світу. На сьогодні місто Кривий Ріг має територію 430,0 км² і його протяжність сягає 126 км, що є найбільшим показником у Європі, при ширині до 20 км.

До цього додамо ще один цікавий факт, котрий, як буде доведено в наступних розділах даного дослідження, активно впливає на варіативність розбудови структури систем ЗО даного міста.

Так, при загальній площі міста Кривого Рогу 43 тис. га, значна територія його відноситься до т. зв. гірничопромислового ландшафту, котрий

формувався, починаючи з 1881 року – початку видобутку залізної руди в регіоні. В сьогоденні, загальна площа цього ландшафту міста становить 20,1 тис. га, тобто складає 46,5% від загальної площі міста.¹ Ці місця ландшафту міста унеможливають розміщення там елементів загальноміських СЕП ЗО, що ускладнює процес формування ЗО міста в економічному та технічному плані.

Друге місце в аналізованій ієрархії – місто країни-агресора Сочі, Росія – площа близько 145 км².

Щільність вулиць загальноміського значення в місті Кривому Розі становить 0,47 км/км². Щільність вулиць районного значення у цьому місті становить 0,36 км/км². Загальна довжина вулиць міста – 2528,161 км.

Найбільша щільність вулиць і доріг у Саксаганському районі – 11,87 км/км², найменша – у Тернівському (3,36 км/км²) та Інгулецькому (4,50 км/км²) районах.

Слід зазначити, в комплексі особливостей, що аналізуються в аспекті цього міста, є ще й той факт, що щільність вуличної електромережі Центрально-Міського району (4,37 км/км²) менша, ніж у середньому по місту.

Між тим, перше місце з плеяди найдовших міст світу займає Мехіко. Його територія простягається на 200 км у ширину. Відповідно до цього показника існує і протяжність освітлювальних мереж.

Одним основних показників надійності (безперервності) електропостачання операторами систем розподілу (ОСР) є індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIDI). У 2019 році загальний показник SAIDI (з вини компаній) по Україні знизився на 1,9%, у той же час, порівняно з попереднім роком, показники SAIDI зросли у 14-ти ОСР (рис. Д.А.1).

¹ Для порівняння, загальна площа, наприклад, міста Маріуполя на період 2014 р. становила 16,6 тис. га, міста Кременчука – 9,6 га



Рисунок Д.А.1 – SAIDI Перерви в електропостачанні у 2019 році

ДОДАТОК Б

**Загальна протяжність мереж зовнішнього освітлення
населених пунктів України**

**Д.Б.1 Загальна протяжність мереж зовнішнього освітлення
населених пунктів України**

Таблиця Д.Б.1 – Загальна протяжність мереж зовнішнього освітлення населених пунктів

| Адміністративно-територіальний поділ | Загальна протяжність мереж зовнішнього освітлення населених пунктів, км | | |
|--------------------------------------|---|----------------|------------------|
| | всього | у тому числі: | |
| | | Кабельні | Повітряні |
| А | 1 | 2 | 3 |
| Вінницька | 5924,135 | 642,83 | 5281,305 |
| Волинська | 1991,8 | 495,7 | 1496,1 |
| Дніпропетровська | 11466,5 | 2322,33 | 9144,17 |
| Донецька | 6241,545 | 1695,457 | 4546,088 |
| Житомирська | 3400,7 | 315,27 | 3085,43 |
| Закарпатська | 3787,34 | 461,6 | 3325,74 |
| Запорізька | 5752,76 | 676,9 | 5075,86 |
| Івано-Франківська | 2490,17 | 802,42 | 1687,75 |
| Київська | 8159,4 | 1865,3 | 6294,1 |
| Кіровоградська | 4476,2 | 46,7 | 4429,5 |
| Луганська | 1546,2 | 68,6 | 1477,6 |
| Львівська | 5867,09 | 627,36 | 5239,73 |
| Миколаївська | 5827,46 | 1107,55 | 4719,91 |
| Одеська | 7615,372 | 1598,666 | 6016,706 |
| Полтавська | 4424 | 431 | 3993 |
| Рівненська | 3099,224 | 251,065 | 2848,159 |
| Сумська | 5370,82 | 216,1 | 5154,72 |
| Тернопільська | 2676,2 | 313,3 | 2362,9 |
| Харківська | 8749,375 | 1459,162 | 7290,213 |
| Херсонська | 1827,4 | 137,8 | 1689,6 |
| Хмельницька | 5017,81 | 817,676 | 4200,134 |
| Черкаська | 8200,996 | 218,133 | 7982,863 |
| Чернівецька | 2107,875 | 81,578 | 2026,297 |
| Чернігівська | 4137,2 | 290,1 | 3847,1 |
| м.Київ | 4171 | 1681,1 | 2489,9 |
| Всього | 124328,57 | 18623,7 | 105704,88 |

Таблиця Д.Б.2 – Кількість світлоточок за типами джерел світла в масштабах областей України та міста Києва

| Адміністративно-територіальний поділ | Кількість світлоточок за типами джерел світла, тис. шт. | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------|----------------|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|
| | у тому числі: | | | | | | |
| | Всього | Лампи розжарювання | Люмінісцентні | Ртутні | Натрієві | Метало галогенні | Світлодіодні джерела світла |
| А | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вінницька | 97,304 | 3,554 | 9,575 | 5,901 | 26,478 | 0,525 | 51,271 |
| Волинська | 38,356 | 1,318 | 5,917 | 3,405 | 14,121 | 0,181 | 13,414 |
| Дніпропетровська | 272,826 | 18,275 | 101,951 | 6,488 | 36,7 | 0,362 | 109,05 |
| Донецька | 115,589 | 4,914 | 5,941 | 7,283 | 49,72 | 0,866 | 46,865 |
| Житомирська | 70,69 | 2,14 | 11,89 | 3,75 | 13,21 | 1,74 | 37,96 |
| Закарпатська | 79,507 | 17,024 | 19,109 | 10,94 | 17,151 | 0,701 | 14,582 |
| Запорізька | 119,74 | 1,77 | 14,71 | 4,61 | 32,77 | 1,71 | 64,17 |
| Івано-Франківська | 65,805 | 1,471 | 14,026 | 3,565 | 19,53 | 0,619 | 26,594 |
| Київська | 151,2 | 10,6 | 22,9 | 19,6 | 39,5 | 4,4 | 54,2 |
| Кіровоградська | 74,382 | 8,705 | 9,214 | 1,663 | 15,712 | 0,64 | 38,448 |
| Луганська | 28,1 | 1,1 | 5,2 | 0,5 | 5,5 | 1 | 14,8 |
| Львівська | 135,24 | 9,48 | 10,35 | 7,17 | 49,85 | 3,18 | 55,21 |
| Миколаївська | 107,203 | 3,262 | 8,524 | 5,318 | 28,916 | 4,805 | 56,378 |
| Одеська | 1104,616 | 22,767 | 11,049 | 5,069 | 72,151 | 10,43 | 983,15 |
| Полтавська | 128 | 9 | 17 | 14 | 68 | 3 | 17 |
| Рівненська | 58,686 | 0,991 | 10,016 | 3,65 | 12,393 | 0,11 | 31,526 |
| Сумська | 85,29 | 11,91 | 9,52 | 12,45 | 14,52 | 0,21 | 36,68 |
| Тернопільська | 54,094 | 9,899 | 14,77 | 2,841 | 10,463 | 0,025 | 16,096 |
| Харківська | 199,297 | 2,211 | 31,96 | 5,736 | 32,301 | 23,773 | 103,316 |
| Херсонська | 46,2 | 0,6 | 1,7 | 3,4 | 11,3 | 0,2 | 29 |
| Хмельницька | 89,222 | 4,234 | 13,87 | 5,489 | 18,784 | 7,155 | 39,69 |
| Черкаська | 107,769 | 4,252 | 29,247 | 10,417 | 17,379 | 1,09 | 45,384 |
| Чернівецька | 50,473 | 2,674 | 3,614 | 2,195 | 18,419 | 1,054 | 22,517 |
| Чернігівська | 71,9 | 2,7 | 9,3 | 2,5 | 15,4 | 0,4 | 41,6 |
| м.Київ | 183,3 | 0,4 | 1,6 | 12,9 | 100,8 | 2,2 | 65,4 |
| Всього | 3534,789 | 155,251 | 392,953 | 160,84 | 741,068 | 70,376 | 2014,301 |

Таблиця Д.Б.3 – Кількість систем управління, обліку та АСК зовнішнім освітленням в областях України та в місті Києві

| Адміністративно-територіальний поділ | Кількість автоматизованих систем дистанційного управління зовнішнім освітленням – всього, шт. | Кількість приладів обліку електричної | | |
|--------------------------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| | | яка споживається системами зовнішнього освітлення населених пунктів – всього, тис. | у тому числі прилади диференційного обліку електричної енергії | Частка від загальної кількості, % |
| А | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Вінницька | 193 | 2,018 | 1,781 | 88,25569871 |
| Волинська | 565 | 0,972 | 0,591 | 60,80246914 |
| Дніпропетровська | 1551 | 5,47 | 2,74 | 50,09140768 |
| Донецька | 415 | 2,06 | 1,748 | 84,85436893 |
| Житомирська | 65 | 11,024 | 1,749 | 15,86538462 |
| Закарпатська | 300 | 3,902 | 2,484 | 63,65966171 |
| Запорізька | 1323,03 | 5,95 | 2,85 | 47,89915966 |
| Івано-Франківська | 658 | 1,012 | 0,629 | 62,1541502 |
| Київська | 1529 | 7,29 | 6,99 | 95,88477366 |
| Кіровоградська | 366 | 3,599 | 2,457 | 68,2689636 |
| Луганська | 493 | 7,603 | 0,3 | 3,945810864 |
| Львівська | 4 | 2,7 | 1,9 | 70,37037037 |
| Миколаївська | 567 | 2,16 | 1,682 | 77,87037037 |
| Одеська | 1420 | 2,998 | 1,338 | 44,62975317 |
| Полтавська | 3,1 | 3,4 | 1,6 | 47,05882353 |
| Рівненська | 610 | 1,429 | 0,892 | 62,42127362 |
| Сумська | 473 | 2,56 | 2,35 | 91,796875 |
| Тернопільська | 7 | 2,993 | 1,518 | 50,7183428 |
| Харківська | 2487 | 6,737 | 3,178 | 47,1723319 |
| Херсонська | 185 | 0,5 | 0,3 | 60 |
| Хмельницька | 947 | 5,569 | 1,916 | 34,40474053 |
| Черкаська | 2272 | 4,178 | 1,998 | 47,82192437 |
| Чернівецька | 284 | 0,725 | 0,725 | 100 |
| Чернігівська | 761 | 1,7 | 1,1 | 64,70588235 |
| м.Київ | 4 | 1,473 | 1,463 | 99,32111337 |
| Всього | 17482,13 | 90,022 | 46,279 | 51,40854458 |

Таблиця Д.Б.4 – Обсяги спожитої електричної енергії системами зовнішнього освітлення та виконаних робіт з їх модернізації в масштабах областей України та міста Києва (станом на 2021 р.)

| Адміністративно-територіальний піділ | Кількість спожитої електроенергії – всього, тис. кВт/год | Кількість електроенергії, спожитої на роботу 1 світлоточки, кВт/год | Витрати на електроенергію, спожиту на зовнішнє освітлення, тис. грн. | обсяги виконаних робіт, тис. грн. |
|--------------------------------------|--|---|--|-----------------------------------|
| А | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Вінницька | 16857,64 | 173,2 | 47937,703 | 42436,249 |
| Волинська | 8057 | 137,3 | 22882,3 | 33395,4 |
| Дніпропетровська | 79329,96 | 290,771 | 197123,96 | 281823,27 |
| Донецька | 34540,133 | 298,8 | 87267,749 | 77127,626 |
| Житомирська | 6819,32 | 112,38 | 21104,87 | 51052,2 |
| Закарпатська | 12267,2 | 346,7 | 33410,3 | 10875,8 |
| Запорізька | 30823,28 | 257,4 | 57252,11 | 62938,32 |
| Івано-Франківська | 9909,5 | 150,7 | 31878,7 | 37062,4 |
| Київська | 33721,4 | 223 | 80650,38 | 66929,28 |
| Кіровоградська | 10597,6 | 142,5 | 29766,3 | 41836,4 |
| Луганська | 4301,6 | 152,5 | 12322,1 | 16297,8 |
| Львівська | 266709,7 | 279,97 | 44473,32 | 86892,63 |
| Миколаївська | 18313,33 | 170,83 | 60058,12 | 99677,46 |
| Одеська | 50994,79 | 8312,06 | 108087,89 | 154730,5 |
| Полтавська | 12162 | 95 | 21892 | 60934 |
| Рівненська | 8974,632 | 152,9 | 25062,25 | 53110,29 |
| Сумська | 17427,23 | 204,33 | 50466,92 | 37850,38 |
| Тернопільська | 8359,1 | 154,53 | 21572,65 | 25311,8 |
| Харківська | 61732,4 | 309,715 | 150660,6 | 99023,606 |
| Херсонська | 10275 | 222 | 27170 | 39000 |
| Хмельницька | 15241,1 | 170,8 | 44695,756 | 45556,789 |
| Черкаська | 19266,199 | 178,8 | 48311,38 | 36592,81 |
| Чернівецька | 9367,56 | 162,7 | 25059,9 | 12133,685 |
| Чернігівська | 11475,1 | 159,6 | 33386,3 | 47217,3 |
| м.Київ | 62715,1 | 342,1 | 150499,4 | 174130,7 |
| Всього | 820237,874 | 13200,586 | 1432992,958 | 1693936,695 |

Таблиця Д.Б.5 – Витрати на утримання систем зовнішнього освітлення населених пунктів областей України та міста Києва (станом на 2021 р.)

| Адміністративно-територіальний поділ | Витрати на утримання об'єктів зовнішнього освітлення населених пунктів, тис. грн. | | | | | | Витрати на утримання однієї світлоточки, грн. |
|--------------------------------------|---|---------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|
| | у тому числі: | | | | | | |
| | Всього | матеріальні витрати | витрати на оплату праці | відрахування на соціальні заходи | амортизація основних засобів | інші операційні витрати | |
| А | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Вінницька | 31851,93 | 15721,818 | 11046,857 | 2180,42 | 291,7 | 2611,135 | 327,3 |
| Волинська | 31791,2 | 15199,5 | 8020,2 | 1727,7 | 2518,9 | 4324,9 | 452,8 |
| Дніпропетровська | 197763,111 | 49410,356 | 30444,416 | 5990,34 | 35286,74 | 76631,259 | 724,869 |
| Донецька | 74862,587 | 29280,497 | 29226,837 | 6458,217 | 1951,6 | 7945,436 | 647,7 |
| Житомирська | 35148,75 | 10477,09 | 18405,84 | 4181,12 | 702,29 | 1382,41 | 398,62 |
| Закарпатська | 24236,2 | 19521,1 | 2756,2 | 838,1 | 406,3 | 714,5 | 310,6 |
| Запорізька | 75379,02 | 30535,42 | 30055,05 | 3602,41 | 5471,95 | 5714,19 | 652,02 |
| Івано-Франківська | 28704,4 | 9850,9 | 14350,8 | 2804,4 | 484,8 | 1213,5 | 426,8 |
| Київська | 104779,4 | 16764,7 | 49979,8 | 11106,6 | 24099,3 | 2829 | 692,9 |
| Кіровоградська | 14967,1 | 5613,6 | 6695,9 | 1350,4 | 462,7 | 844,5 | 201,2 |
| Луганська | 16297,9 | 5587,2 | 5322,9 | 1013,5 | 2167,9 | 2206,4 | 577,3 |
| Львівська | 56234,56 | 20691,03 | 10417,07 | 3972,64 | 4675,98 | 16477,84 | 415,82 |
| Миколаївська | 51408,5 | 24939,14 | 16396,16 | 3467,94 | 1529,58 | 5075,68 | 479,54 |
| Одеська | 88508,43 | 39808,65 | 25190,55 | 5156,73 | 10290,68 | 8061,82 | 735,614 |
| Полтавська | 48643 | 17520 | 18648 | 4144 | 2315 | 6016 | 380 |
| Рівненська | 32179,839 | 17321,133 | 8728,268 | 1802,707 | 1168,101 | 3159,63 | 548,3 |
| Сумська | 21889,43 | 10027,99 | 7771,13 | 1667,15 | 568,5 | 1854,66 | 256,65 |
| Тернопільська | 25311,992 | 14002,519 | 6273,76 | 1521,543 | 1151,27 | 2362,9 | 467,92 |
| Харківська | 84491,849 | 32198,51 | 32939,46 | 7386,469 | 3557,644 | 8409,766 | 423,9 |
| Херсонська | 19222 | 11408 | 2430 | 468 | 2561 | 2355 | 415 |
| Хмельницька | 37376,726 | 16456,322 | 12801,522 | 2732,533 | 395,294 | 4991,055 | 424,97 |
| Черкаська | 47398,2 | 21749,69 | 5897,49 | 1441,45 | 4544,57 | 13765 | 439,8 |
| Чернівецька | 9681,22 | 3609,88 | 4241,95 | 864,88 | 359,41 | 605,1 | 154,2 |
| Чернігівська | 32602,2 | 10188,2 | 6953,8 | 1443,9 | 5039,5 | 8976,8 | 453,3 |
| м.Київ | 173485,8 | 23440,9 | 80240,3 | 17541,2 | 41484,3 | 10779,1 | 946,5 |
| Всього | 1364215,34 | 471324,145 | 445234,26 | 94864,349 | 153485,009 | 199307,58 | 513,86052 |

Таблиця Д.Б.6 – Обсяги робіт з обслуговування освітлювальних систем по областях України та міста Києва (станом на 2021 р.)

| Адміністративно-територіальний поділ | Обсяги виконаних робіт, тис. грн. | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|
| | у тому числі: | | | |
| | всього | комунальними підприємствами | приватними підприємствами | підприємствами інших організаційно-правових форм господарювання |
| А | 33 | 34 | 35 | 36 |
| Вінницька | 42436,249 | 28411,685 | 7086,327 | 6938,237 |
| Волинська | 35235,5 | 24914,2 | 9282,1 | 1039,2 |
| Дніпропетровська | 276908,067 | 88813,65 | 104229,567 | 83864,85 |
| Донецька | 77127,626 | 44838,957 | 10070,182 | 22218,487 |
| Житомирська | 55652,2 | 45826,7 | 4643,25 | 5182,25 |
| Закарпатська | 11696,1 | 6588,6 | 5032,2 | 75,3 |
| Запорізька | 5178,56 | 3830,55 | 834,4 | 513,61 |
| Івано-Франківська | 37062,4 | 32048,7 | 4454 | 559,7 |
| Київська | 66929,2 | 39146,3 | 18311,3 | 9471,6 |
| Кіровоградська | 41836,4 | 19414,4 | 12919,7 | 9502,3 |
| Луганська | 16297,7 | 13421,3 | 2300,4 | 576 |
| Львівська | 85509,61 | 19212,19 | 25925,98 | 40371,44 |
| Миколаївська | 99677,46 | 78522,94 | 11420,36 | 9734,16 |
| Одеська | 154730,5 | 122904,21 | 24418,31 | 7407,98 |
| Полтавська | 60934 | 56147 | 250 | 4537 |
| Рівненська | 50435,192 | 30203,229 | 12827,009 | 7404,954 |
| Сумська | 31371,1 | 15745,49 | 9616,1 | 6009,51 |
| Тернопільська | 25311,757 | 16345,597 | 2094,5 | 6871,66 |
| Харківська | 95723,616 | 65291,514 | 13762,79 | 16669,312 |
| Херсонська | 39000 | 31200 | 3689 | 4111 |
| Хмельницька | 47179,996 | 29710,237 | 4041,744 | 13428,015 |
| Черкаська | 36592,802 | 24119,6 | 9937,652 | 2535,55 |
| Чернівецька | 11487,8 | 11487,8 | 0 | 0 |
| Чернігівська | 47217,3 | 27062,6 | 15331,2 | 4823,5 |
| м.Київ | 174130,7 | 174130,7 | 0 | 0 |
| Всього | 1625662 | 1049338,149 | 312478,071 | 263845,615 |

Таблиця Д.Б.7 – Перелік підприємств України, котрі здійснюють діяльність у сфері об'єктів зовнішнього освітлення міст та населених пунктів

| Адміністративно-територіальний поділ | Підприємства, що здійснюють діяльність у сфері утримання об'єктів зовнішнього освітлення населених пунктів | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|-------------|
| | всього | | у тому числі: | | | | | |
| | | | комунальні | | приватні | | інших організаційно-правових форм | |
| Кількість підприємств, одиниць | Облікова кількість штатних працівників на 31 грудня, осіб | Кількість підприємств, одиниць | Облікова кількість штатних працівників на 31 грудня, осіб | Кількість підприємств, одиниць | Облікова кількість штатних працівників на 31 грудня, осіб | Кількість підприємств, одиниць | Облікова кількість штатних працівників на 31 грудня, осіб | |
| А | 37 | 38 | | 39 | | 40 | | |
| Вінницька | 39 | 380 | 27 | 307 | 5 | 20 | 7 | 53 |
| Волинська | 36 | 242 | 27 | 220 | 4 | 10 | 5 | 12 |
| Дніпропетровська | 35 | 694 | 17 | 570 | 9 | 26 | 9 | 98 |
| Донецька | 35 | 314 | 23 | 268 | 9 | 30 | 3 | 16 |
| Житомирська | 25 | 205 | 17 | 174 | 5 | 23 | 3 | 8 |
| Закарпатська | 60 | 112 | 19 | 42 | 28 | 54 | 13 | 16 |
| Запорізька | 33 | 496 | 27 | 488 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| Івано-Франківська | 30 | 285 | 21 | 258 | 7 | 7 | 2 | 20 |
| Київська | 96 | 416 | 72 | 365 | 22 | 32 | 2 | 19 |
| Кіровоградська | 45 | 150 | 21 | 88 | 15 | 37 | 9 | 25 |
| Луганська | 25 | 405 | 12 | 405 | 9 | 0 | 4 | 0 |
| Львівська | 47 | 304 | 34 | 247 | 9 | 40 | 4 | 17 |
| Миколаївська | 43 | 436 | 18 | 234 | 4 | 58 | 21 | 144 |
| Одеська | 36 | 344 | 26 | 276 | 7 | 52 | 3 | 16 |
| Полтавська | 29 | 276 | 19 | 250 | 7 | 14 | 3 | 12 |
| Рівненська | 33 | 251 | 20 | 152 | 6 | 52 | 7 | 47 |
| Сумська | 20 | 356 | 6 | 115 | 6 | 42 | 8 | 199 |
| Тернопільська | 40 | 131 | 36 | 103 | 1 | 4 | 3 | 24 |
| Харківська | 70 | 538 | 28 | 511 | 16 | 13 | 26 | 14 |
| Херсонська | 30 | 237 | 19 | 220 | 9 | 15 | 2 | 2 |
| Хмельницька | 39 | 593 | 21 | 287 | 4 | 9 | 14 | 297 |
| Черкаська | 55 | 605 | 22 | 376 | 25 | 79 | 8 | 150 |
| Чернівецька | 14 | 14 | 14 | 109 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Чернігівська | 30 | 221 | 25 | 192 | 2 | 2 | 3 | 27 |
| м.Київ | 1 | 398 | 1 | 398 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Всього | 946 | 8498 | 572 | 6655 | 212 | 624 | 162 | 1219 |

Цікавим моментом у матеріальній характеристиці ЗО комплексів в Україні є рівень середньої собівартості витрат на утримання однієї світлоточки, котра в державі становить 513,86 грн. (у цінах 2019 року).

Рівень фінансування поточних ремонтів та утримання об'єктів зовнішнього освітлення населених пунктів за 2019 рік становив понад 1170,3 млрд. грн. Загалом, станом на 2019 рік, обсяг виконаних робіт підрядними підприємствами з модернізації зовнішнього штучного освітлення в населених пунктах України становив майже 1625,7 млн. грн. [33].

Експлуатацію електричних мереж ЗО у 2019 році здійснювало 946 спеціалізованих підприємств, у т.ч. 572 підприємства комунальної власності, 212 підприємств приватної власності та 162 – загальних форм власності.

Загальна кількість робітників, які працюють на підприємствах зовнішнього освітлення в Україні (станом на 2019 р.) становила майже 8,5 тис. осіб, з яких 6,65 тис. осіб (78,3%) – на підприємствах комунальної форми власності.

ДОДАТОК В

Нотатки до процесу проєктування мереж зовнішнього освітлення

Д.В.1 Нотатки до процесу проєктування мереж зовнішнього освітлення

Електропостачання систем вуличного освітлення, а також освітлення фасадів і територій підприємств та організацій виконуються окремими лініями. Згідно з ПУЕ, освітлювальні установки міських транспортних і пішохідних тунелів, доріг і площ категорії А за надійністю електропостачання належать до другої категорії, решта зовнішніх освітлювальних установок – до третьої категорії.

Живлення світильників освітлення територій мікрорайонів здійснюється безпосередньо від пунктів живлення зовнішнього освітлення або від мереж вуличного освітлення, які проходять поблизу (крім мереж вулиць категорії А), залежно від прийнятої в населеному пункті системи експлуатації [35].

Електропостачання освітлення відкритих промислових установок, відкритих промислових ділянок, відкритих естакад, територій складських приміщень та інших відкритих об'єктів при промислових будівлях може виконуватись від мережі внутрішнього освітлення будівлі, до якого ці об'єкти належать, структурно-функціонально.

Живлення світильників охоронного освітлення виконується, як правило, по самостійних лініях.

В установках зовнішнього освітлення світильники з розрядними джерелами світла повинні мати індивідуальну компенсацію реактивної потужності. Коефіцієнт потужності повинен бути не нижче, ніж 0,85 [76].

У разі застосування прожекторів із розрядними джерелами світла допускається групова компенсація реактивної потужності, за якої необхідно забезпечувати вимикання компенсуючих пристроїв одночасно з вимиканням компенсуючих установок, реактивну потужність яких вони компенсують.

Мережі зовнішнього освітлення рекомендується виконувати кабельними або повітряними лініями електропередач із використанням самоутримних ізольованих проводів. При окремих спеціальних умовах для

повітряних розподільчих мереж електропостачання освітлення допускається використовувати неізолювані проводи.

Троси для підвішування світильників та ліній електромережі допускається закріпляти до конструкцій будинків, але при цьому троси повинні мати амортизатори.

На лініях зовнішнього освітлення, які мають більш ніж 20 світильників на фазу, відгалуження до кожного освітлювального пристрою повинно захищатися окремими запобіжниками або автоматичними вимикачами.

Для світильників загального освітлення дозволяється застосовувати напругу:

- не більше 380/220 В змінного струму – при заземленій нейтралі;
- 220 В – при ізолюваній нейтралі.

При виконанні електропостачання аварійного освітлення необхідно враховувати вимоги СНіП і ПУЕ. В цих документах вказується, що світильники повинні приєднуватися до незалежного джерела або перемикатися на нього автоматично при раптовому відключенні робочого освітлення.

Раніше в машинобудівному виробництві всі складні деталі виготовляли поточно-шаблонним методом. На його зміну прийшов розрахунково-поточний метод – це комбінований спосіб ув'язнення, більш прогресивний, ніж поточно-шаблонний метод, але який ще не досяг комплексної автоматизації. Розрахунково-поточному методу (РПМ) властиві всі риси майбутнього методу автоматизованого формоутворення: широке застосування математичного апарата, комплексна нормалізація і типізація конструкторського й технологічного процесів, їхнє природне сполучення і розвиток, широке використання різних за потужністю обчислювальних засобів. З іншого боку, цілі групи елементів конструкції та оснащення при цьому методі проєктують, погоджують і виготовляють за традиційною, але модернізованою технологією поточно-шаблонного методу.

Сутність РПМ полягає у такій побудові системи конструкторсько-

технологічної підготовки виробництва, при якій забезпечується єдність вихідної інформації, що використовується в процесі проєктування.

ДОДАТОК Г

**Характеристика спеціалізованих програм з модернізації мереж
зовнішнього освітлення**

Д.Г.1 Характеристика спеціалізованих програм з модернізації мереж зовнішнього освітлення

В останні десятиліття ХХ ст. з'явився ряд нового формату спеціалізованих програм з модернізації зовнішнього освітлення – світлотехнічних програм, призначених для полегшення роботи проєктувальників, котрі розробляють ці комплекси освітлення. На даний час існує достатня кількість світлотехнічних програм, які надійно закріпилися на ринку програмного забезпечення.

З їх числа можна виділити наступні: Europic, DIALux, Calculux, Oxy Tech, Brilux, Tulight, Ekalux, LightScape та ін. Ринок світлотехнічного програмного забезпечення склався таким чином, що лідируючі виробники світлотехнічного устаткування є одночасно виробниками програм автоматизованого проєктування освітлення. Серед них можна виділити фірми Osram (Calculux), GE (Europic), Philips (DIALux). Незважаючи на загальні завдання, розв'язувані в САПР світлотехнічних систем, кожна з перерахованих програм має свої відмінності, і вибір проєктувальника буде залежати від таких факторів, як: вид розв'язуваного завдання, характер одержуваних характеристик на виході програми, ліцензійність програмного забезпечення та ін. Тому світлотехніку корисно ознайомитися з якомога більшою кількістю програм, що дозволить полегшити завдання ухвалення рішення на передпроєктному етапі. Світлотехнічні програми дозволяють проєктувати освітлення як внутрішніх, так і зовнішніх об'єктів. Вбудовані в програми каталоги світлотехнічного устаткування найчастіше прив'язані до продукції фірми-виробника і використання устаткування інших виробників, звичайно, недоступне. Ця обставина обмежує використання багатьох світлотехнічних програм, таких як DIALux.

У більшості випадків САПР має ряд переваг перед іншими засобами проєктування. А це, в першу чергу, передбачає наступні переваги:

- точність;

- ошадлива витрата часу при виконанні повторюваних операцій;
- можливість використання файлу САПР іншими програмами.

Існує безліч комп'ютерних програм для розрахунку освітлення.

Програма «DIALux» – безумовний лідер за своїми можливостями серед усіх безкоштовних програм. Ця чудова й популярна серед світлодизайнерів програма призначена для проєктування як внутрішнього, так і зовнішнього освітлення. Є можливість тривимірної візуалізації, причому все виглядає досить якісно. Дуже простий інтерфейс. В середньому, без сторонньої допомоги на освоєння навичок роботи із програмою (при базовому знанні світлотехніки) йде півгодини. Більшість виробників світлотехнічної продукції в усьому світі мають свої бази таких світильників для роботи з програмою.

Комп'ютерна програма «Light-in-Night» (Road) призначена для розрахунку дорожнього, вуличного і паркового освітлення. Програма базується на вітчизняній методології розрахунку світлотехнічних параметрів, вітчизняній нормативній базі та яскравих характеристиках дорожніх покриттів. Використовувана у програмі база даних світлових приладів ґрунтується на освітлювальних приладах, які випускаються Лихославльським заводом світлотехнічних виробів «Світлотехніка» і Московським дослідним світлотехнічним заводом (МДСЗ).

Програма «Faellite» призначена для розрахунку прожекторного освітлення. Дозволяє робити розрахунки освітленості з використанням прожекторів Faelluce. Існує варіант тривимірної візуалізації результатів розрахунку.

Lightscape – лідер в області високоякісної візуалізації і світлового дизайну й перший програмний продукт, в якому використовуються механізми розрахунку освітленості з урахуванням фізичних властивостей джерел світла, матеріалів і об'єктів сцени. Це дозволяє досягти надзвичайної реалістичності зображення, недоступної іншим засобам візуалізації.

Основні можливості пакета: вбудовані методи розрахунку освітленості radiosity і ray-tracing; створення природного і штучного освітлення з

використанням реальним джерел і матеріалів; інтерактивна зміна матеріалів об'єктів і параметрів джерел світла; кількісний фотометричний аналіз; можливість налаштування методів візуалізації для досягнення оптимального співвідношення якість/швидкість; швидке створення високоякісних анімаційних роликів та ін.

ДОДАТОК Д

Параметри норм зовнішнього освітлення населених пунктів

Д.Д.1 Параметри норм зовнішнього освітлення населених пунктів

Зовнішнє освітлення вулиць у місті чи в сільській місцевості – найважливіший пункт у забезпеченні комфортних умов для проживання громадян і руху водіїв. Мета сучасного вуличного освітлення доріг та інших зон – перебувати у безпеці життя й у підвищенні естетичних якостей населеного пункту.

Існує ряд державних правил, яким підпорядковується система освітлення міста і села.

НОРМИ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Освітлення в місті поділяється на дві найважливіші складові: світло у межах автомобільних доріг та освітлення зон пішоходів. Відповідно до закону, нормативи їх різні, зібрані в СНіП 23-05-95.

ОСВІТЛЕННЯ АВТОДОРІГ

Система підсвічування автошляхів найважливіша, адже без її організації дотримання безпеки дорожнього руху неможливе. Чинники, що впливають на освітленість, такі:

- інтенсивність користування дорогою. Протягом години різними дорогами проїжджає неоднакова кількість машин, залежно від чого шляхи пересування транспорту поділені на чотири категорії: траси (автомагістралі) з рухом від 3000 автомобілів/год., магістралі (1000-3000 машин), дороги (500-1000 машин), дороги з малим рухом (менше 500 машин);

- дозволена швидкість користування. Так, селищем чи іншим населеним пунктом можна рухатися повільніше, ніж магістраллю. Для дотримання дистанції між машинами швидкісні траси потрібно висвітлювати інтенсивніше;

- значення вулиці. Основні вулиці в містах, центральні вулиці в селі або історичні площі завжди освітлюються потужніше.

Виходячи з ГОСТ і БНіПів, існують суворо встановлені норми освітленості, які варіюють у межах 4-20 Лк і більше. Для вулиць і доріг

місцевого значення досить середньої горизонтальної освітленості в 4-6 Лк, для магістральних вулиць районного значення – 10-15 Лк, для вулиць загальноміського значення – 15-20 Лк. При перетині магістралі та невеликої дороги в зоні перехрестя світло має бути таким же яскравим, як і на основній вулиці.

Стандартом установлюється середня яскравість покриття: інтервал 0,2-1,6 Кд/кв.м. У межах міста цей показник не може бути меншим за 1,6 Кд/кв.м, тільки на під'їздах до аеропорту чи інших портів – 0,8 Кд/кв.м.

Автомобілі беруть участь у підтримці якісного вуличного освітлення. Щоб світло фар не заважало іншим водіям, останні відповідають за своєчасне перемикання положення фар (із ближнього світла на дальній і навпаки). У ряді автомобілів навіть застосовується AFS – система адаптивного освітлення, де комп'ютер сам відповідає за перемикання світла.

НОРМИ ОСВІТЛЕННЯ ПІШОХІДНИХ ЗОН

Облаштування місць для пересування пішоходів організується за іншим принципом. Зазвичай, вимоги щодо підсвічування території взаємопов'язані з типом, розміром населеного пункту, значенням вулиці.

Там, де перехідні зони поряд із центральними вулицями та автошляхами, освітлення монтується на рівні 10 Лк. Для вулиць, розташованих далеко від магістралей, допускається освітлення 4 Лк, для місцевих вулиць (наприклад, у приватному секторі) – 2 Лк.

Інтенсивно мають висвітлюватися посадкові майданчики, де люди входять у громадський транспорт (10 Лк). Аналогічний рівень освітленості виконується на дитячих майданчиках з обладнанням для рухомих ігор. Найяскравіше світло монтується у пішохідних тунелях (50-100 Лк).

Норми освітлення за іншими функціональними територіями та зонами відпочинку такі:

- стадіони – 6-10 Лк;
- центральні входи загальноміських парків – 6 Лк;
- центральні алеї парків – 4 Лк;

- бічні алеї парків – 2 Лк;
- майданчики на вході в кінотеатри, естрадні зони – 10 Лк;
- виставки – 20 Лк.

ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦЬ У СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Установка джерел світла на селі, селищі чи іншому типі сільської місцевості регулюється чинним законодавством. У БНіП 23-05-95 є особливий розділ, що розглядає це питання. Обов'язок стежити за правильністю виконання освітлення лежить на органах місцевої влади, які забезпечують своєчасність подачі електроенергії у темний період доби.

За соціальними нормами вулиці на селі мають бути освітлені на 80%, тобто допустима відсутність освітлення на ряді вулиць, на яких проживає мало населення або користування ними неінтенсивне.

Щодо конкретних цифр, вони стосуються середньої горизонтальної освітленості та вимірюються в люксах (Лк):

- основна вулиця, майданчики торговельних центрів – 4 Лк;
- другорядні вулиці, провулки, селищні дороги – 2 Лк.

У межах 2 Лк має бути рівень підсвічування на головних вулицях дачних товариств і кооперативів.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Система світла проектується ще на етапі закладки нових міських вулиць: враховуються всі параметри, здійснюється підбір освітлювальних приладів, враховується відстань між стовпами та спорудами, ширина дороги та інші фактори. Паралельно враховується можливість розвитку і розростання мікрорайону на 10 років як мінімум.

Схеми розташування світильників та інших приладів можуть бути різними: одно- чи дворядними, одно- чи двосторонніми. Освітлення доріг виконують двома способами:

- світильники на опорі;
- ліхтарі, підвішені на тросах.

У першому випадку, коли ширина дороги є меншою ніж 12 метрів,

відстань від досліджуваної опори може бути близько 35 метрів. Зазвичай, розташування світильників за такої ширини вулиці одностороннє. Якщо ширина становить 18 метрів, застосовується дворядна шахова схема. Широкі траси (32 метри) висвітлюють прямокутними шаховими схемами.

За наявності розділової смуги на дорозі між окремими смугами руху машин застосовується дворядна схема. Світильники стоять на стовпчиках, кожен ряд висвітлює свою смугу. Прилади освітлення на трасах використовують для вулиць завширшки менше 18 метрів, розміщуючи їх з одного боку.

Для освітлення пішохідних переходів монтують один прилад із кожного боку. Зони відпочинку і парки рекомендується висвітлювати з урахуванням загального архітектурного вигляду міста. Обов'язково враховується положення дротів для громадського транспорту, наявність інших контактних з'єднань.

ВИДИ ОСВІТЛЕННЯ НА ВУЛИЦЯХ

Світло має горіти практично у всіх суспільно значущих зонах населеного пункту. Існують різні класифікації зовнішнього освітлення: за призначенням, типами освітлювальних приладів, видами опор, способом управління.

ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

Освітлювальні прилади встановлюються на вулицях, проїжджій частині, зонах для пішоходів. Підсвічування буває декоративним і використовується для прикраси населеного пункту.

ВУЛИЦІ

Визначення рівня освітленості обумовлено величиною мінімальної середньої яскравості покриття проїжджої зони у напрямку спостерігача, розташованого на осі руху транспорту. Показник вимірюють у канделах/квадратний метр.

Для уточнення кількості й потужності світильників розглядають категорію вулиці, кількість людей, які регулярно проходять нею, оцінюють значущість частини міста.

Всі вулиці поділяються на такі категорії:

А – магістралі, швидкісні дороги, основні вокзальні та загальноміські площі;

Б – магістралі районного значення, різні площі житлових кварталів, споруди типу театрів, стадіонів, великих торговельно-розважальних центрів;

В – вулиці «спальних» районів, забудови типу бізнес-центрів, промзони;

Г – вулиці місцевого руху, невеликі проїзди;

Д – пішохідні доріжки, провулки у мікрорайонах.

Чим далі від початку класифікації розташовується категорія, тим меншим буде потрібний рівень освітленості.

ПРОЇЗДЖА ЧАСТИНА

При монтажі системи освітлення обов'язково враховують інтенсивність руху транспорту. На проїжджій частині, де рух є високоінтенсивним, важливо забезпечити повну безпеку для водіїв та інших учасників дорожнього руху. Мінімальна яскравість залежить від кількості машин, які проїжджають вулицею в обох напрямках.

ПІШОХІДНІ ДОРІЖКИ, ТРОТУАРИ

Подібні об'єкти належать до категорії Д, тому рівень освітленості на них, згідно із законом, може бути мінімальним – 2-4 Лк. Освітлення територій місць відпочинку, зелених насаджень переслідує функціональну та декоративну мету і становить від 4 Лк (для алей на вулицях) до 10 Лк (для дитячих зон).

ДЕКОРАТИВНЕ ОСВІТЛЕННЯ

У місті обов'язково застосовуються різні види та форми декоративного (архітектурного) освітлення, особливо в нових районах. Зазвичай, використовуються світлодіодні чи галогенні лампи, прожектори. Їх встановлюють із певним інтервалом, в особливому напрямку, застосовуючи техніку заливаючого світла, підсвічування окремих фрагментів або фону, освітлення об'єкта з середини.

Важливо, щоб декоративне світло не заважало проїжджаючим машинам,

не сліпило очі водіям, і це завжди враховується при проектуванні.

ОСВІТЛЕННЯ НА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЯХ

Найменшу кількість витрат посідає використання освітлення, що працює від енергії сонця. Це ефективний спосіб заощадити й отримати гарне освітлення стін, ландшафтів, різних архітектурних композицій.

Підключення до мережі ламп не потрібно, їх можна легко переміщати з місця на місце. Можуть працювати без управління людиною – яскравість зростає у темряві, а вдень сходить нанівець. Зараз на сонячних батареях виготовляють ліхтарі, підвісні світильники, різні світлові декорації.

ВИМОГИ ДО ЛАМП ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Всі типи джерел світла характеризуються деякими показниками. Основні – потужність (Ватт) і світловий потік (Люмен). Ефективність роботи пристрою вимірюється при співвідношенні люменів до ватт: чим більша цифра, тим потужніший світильник. Відповідно до правил, потужність вуличних ламп має становити 40-125 Вт залежно від типу об'єкта та відстані між лампами.

Окрім потужності, найважливіші параметри для вуличних ламп – світловіддача, термін служби, економічність, зручність використання. Враховують і другорядні чинники:

- особливості монтажу;
- можливість пошкодження;
- негативний вплив клімату і навколишнього середовища на вироби.

На вулицях і дорогах показник засліпленості освітлювальної установки не повинен перевищувати 150. На ділянках вулиць і доріг, для яких нормується освітленість, актуальні такі значення: при куті 80° від вертикалі – не більше ніж 30 кд на 1000 лм, при куті 90° – не більше ніж 10 кд на 1000 лм.

Для пішохідних доріжок та просторів підкласу П2 додатково нормується мінімальна освітленість, $E_{\text{нпц}}$, рівна 6 лк.

З метою унеможливлення темних ділянок пішохідних зон (клас П) $E_{\text{мін}}/E_{\text{сер}}$ не повинен бути більше 1:4.

На вулицях категорій А і Б зовнішнє освітлення всіх типів та видів не повинне створювати на вікнах житлових будинків вертикальну освітленість, більшу за такі показники:

- 7 лк при нормі середньої яскравості проїжджої частини $0,4 \text{ кд/м}^2$;
- 10 лк при нормі $0,6-1,0 \text{ кд/м}^2$;
- 20 лк при нормі $1,2-2,0 \text{ кд/м}^2$.

ДОДАТОК Е

**Технологічні параметри світильників, освітлювальних приладів
та ландшафтів систем зовнішнього освітлення**

Д.Е.1 Порівняльні параметричні дані щодо отримання ефекту від заміни застарілих форматів ламп освітлювальних мереж на нові – сучасні

У внутрішніх освітлювальних ліхтарях слід застосовувати економічні світильники (при заміні ламп розжарювання на контактні люмінесцентні лампи в середньому економиться 60% електроенергії, при заміні ламп розжарювання на люмінесцентні лампи в середньому економиться 40-47% електроенергії).

У зовнішніх освітлювальних ятерах заміна дугових ртутних ламп на енергозберігаючі натрієві лампи високого тиску (це дає економії 38-50%).

Реалізація комплексного автоматичного керування зовнішнім освітленням у залежності від ряду впливаючих на цей процес факторів.

При цьому зазначимо, що практика відключення зовнішнього освітлення в період ночі (23:00 – 6:00) не може бути віднесена до ефективних заходів, хоча вона і дає можливість економити в місті до 10-12% ЕЕ на освітлення, але все ж не сприяє комфорту та безпеці мешканців. Між тим, очікувана економія електроенергії за рахунок переходу на більш ефективні освітлювальні установки наведена на рис. Д.Е.1.

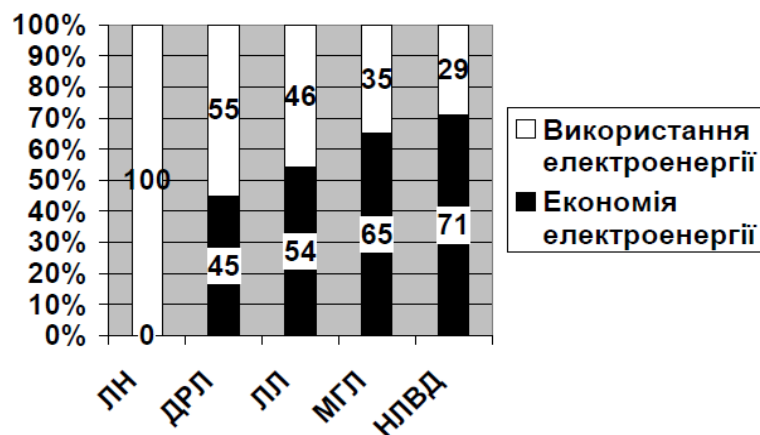


Рисунок Д.Е.1 – Очікувана економія електроенергії в разі переходу на більш ефективні освітлювальні установки: ЛН – лампи розжарювання; ДРЛ – ртутні лампи; ЛЛ – люмінесцентні лампи; МГЛ – метало-галогенні лампи; НЛВД – натрієві лампи високого тиску

Таким чином, з певним рівнем стану досліджуваного об'єкта логічним виглядає висновок про те, що модернізація систем освітлення з урахуванням комплексу енергоощадних технологій є актуальною для кожного населеного пункту та в Україні в цілому.



Рисунок Д.Е.2 – ARCLUCE 0877017A LUNIO-STREET –
69W – 7400 lm – Type II

Світловий потік (Світильник): 7400 lm

Світловий потік (Лампи): 7400 lm

Потужність світильників: 69.0 W

Класифікація світильників за CIE: 100 CIE Flux Code: 37 71 96 100 100

Комплектація: 1 x LED (Поправний коефіцієнт 1000)

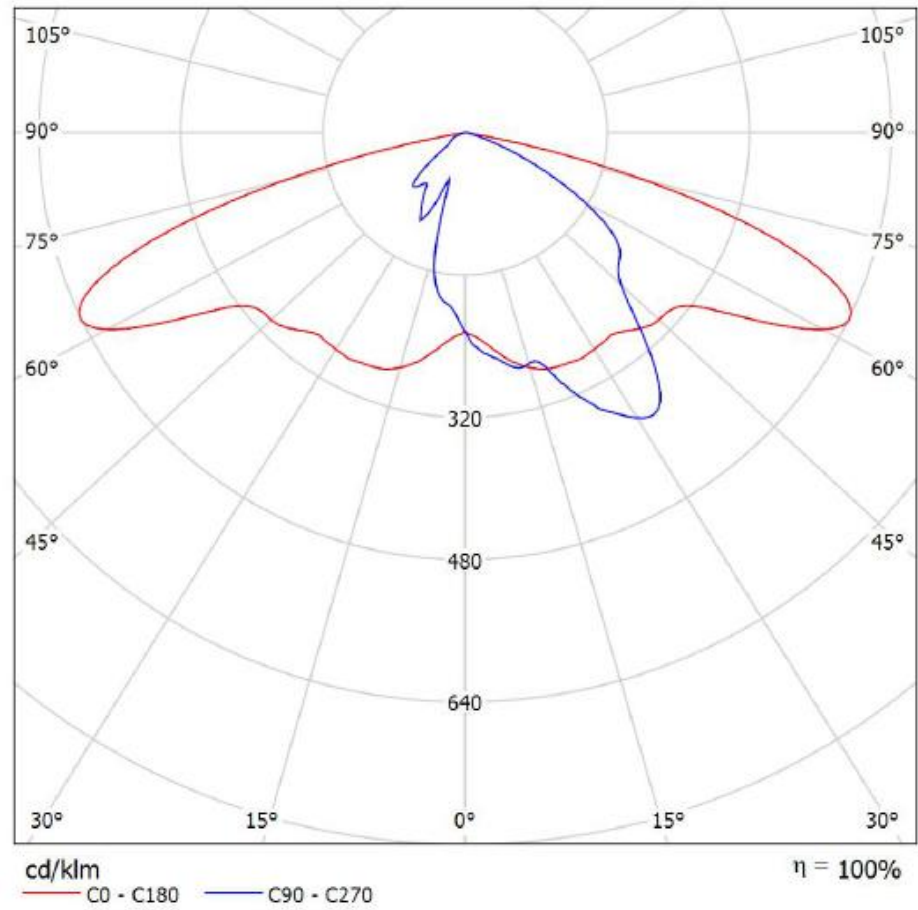


Рисунок Д.Е.3 – Люксограма світильника

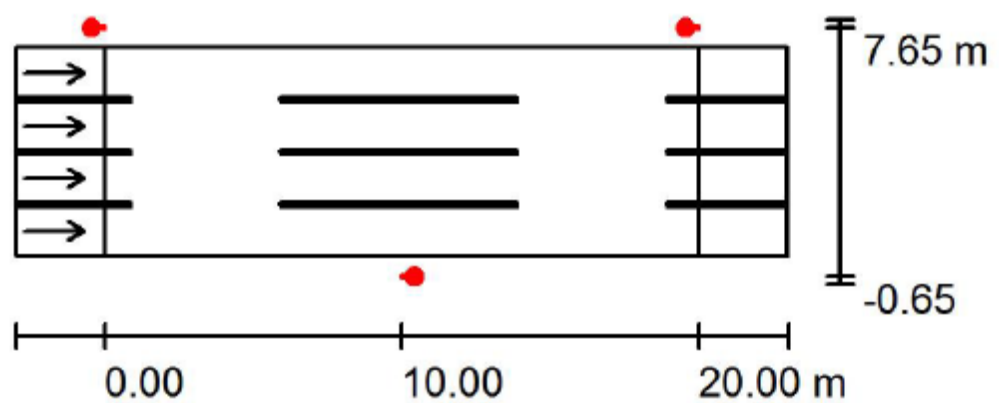
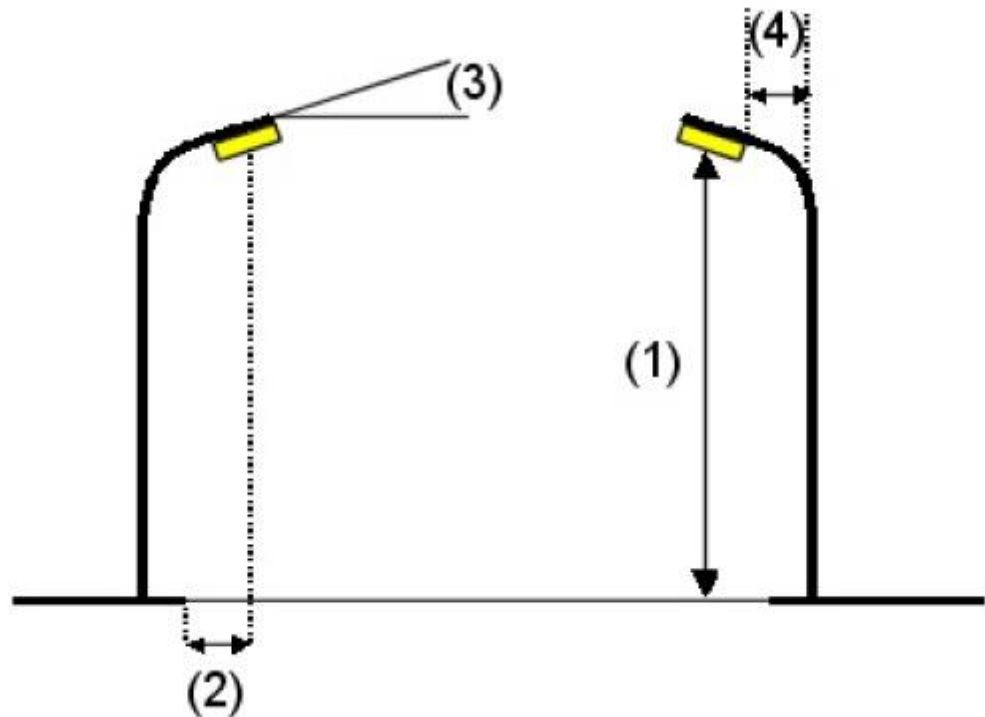


Рисунок Д.Е.4 – Розташування світильників



| | | |
|------------------------------|--|--|
| Светильник: | ARCLUCE 0877017A-840 LUNIO-STREET - 69W - 7400lm - Type II | |
| Световой поток (Светильник): | 7400 lm | Наибольшие значения силы света |
| Световой поток (Лампы): | 7400 lm | при 488 |
| Мощность светильников: | 69.0 W | 70°: cd/klm |
| Расположение: | со смещением по обе стороны | при 80°: 48 cd/klm |
| Расстояние между мачтами: | 20.000 m | при 90°: 1.23 |
| Монтажная высота (1): | 5.000 m | cd/klm |
| Высота световых точек: | 5.017 m | В во всех направлениях, которые образуют |
| Вылет (2): | -0.650 m | указанный угол с нижней вертикалью в |
| Наклон консоли (3): | 0.0 ° | инсталлированных и готовых к работе |
| Длина консоли (4): | 0.000 m | светильниках. |
| | | Сила света не выше 90°. |
| | | Компоновка отвечает классу силы |
| | | света G4. |
| | | Компоновка отвечает классу |
| | | индекса ослепления D.4. |

Рисунок Д.Е.5 – Геометрія світильників

Світильник: ARCLUCE 0877017A-840 LUNIO-STREET-69W-7400 lm – Type II

Світловий потік: 7400 lm – Найбільші значення сили світла

70⁰: 488 cd/klm

80⁰: 48 cd/klm

90⁰: 1.23 cd/klm

У всіх напрямках, які утворюють зазначений кут з нижнього вертикаллю в інсталюваних та готових до роботи світильниках.

Сила світла не вище 90⁰.

Компонування відповідає класу сили світла G.4.

Компонування відповідає класу індексу засліплення D.4.

Світловий потік (Лампи): 7400 lm

Потужність світильників: 69.0 W

Розташування: зі зміщенням по обидва боки

Відстань між щоглами: 20.000 m

Монтажна висота (1): 5.000 m

Висота світлових точок: 5.017 m

Виліт (2): -0.650 m

Нахил консолі (3): 0.0°

Довжина консолі (4): 0.000 m

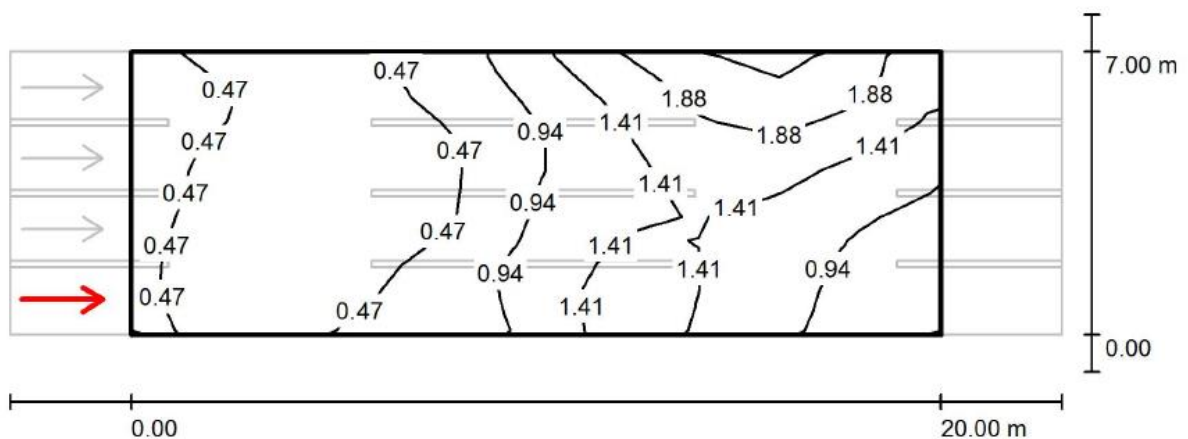


Рисунок Д.Е.6 – Люксограма ділянки дороги

Значення у Candela/m², Масштаб 1 : 186

Растр: 10 x 12 Крапки

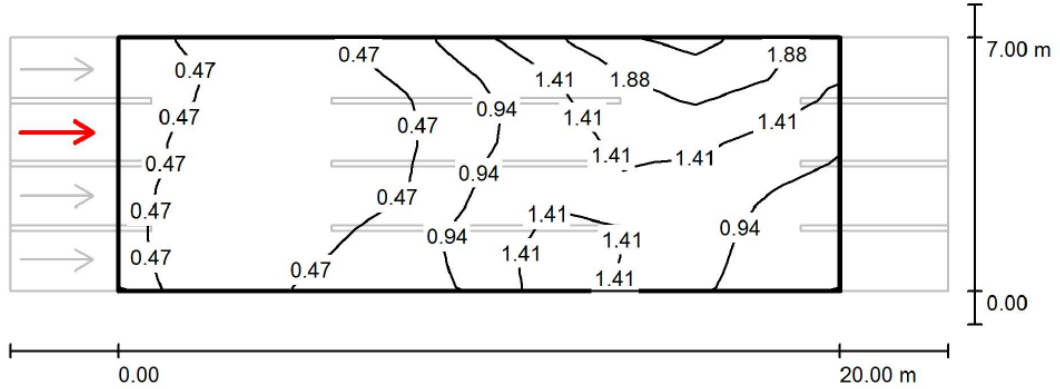
Позиція спостерігача: (-60.000 m, 0.875 m, 1.500 m)

Покриття: R3, q0: 0.070 L_{ср} [cd/m²] U0 U1 T1 [%]

Фактичні розрахункові значення: 0.93 0.15 0.14 1

Фактичні значення згідно з класом ME4a: $\geq 0.75 \geq 0.40 \geq 0.60 \leq 15$

| | L_{cp} [cd/m ²] | U0 | UI | TI [%] |
|--|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Фактические расчетные значения: | 0.93 | 0.15 | 0.14 | 1 |
| Фактические значения согласно классу ME4a: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15 |

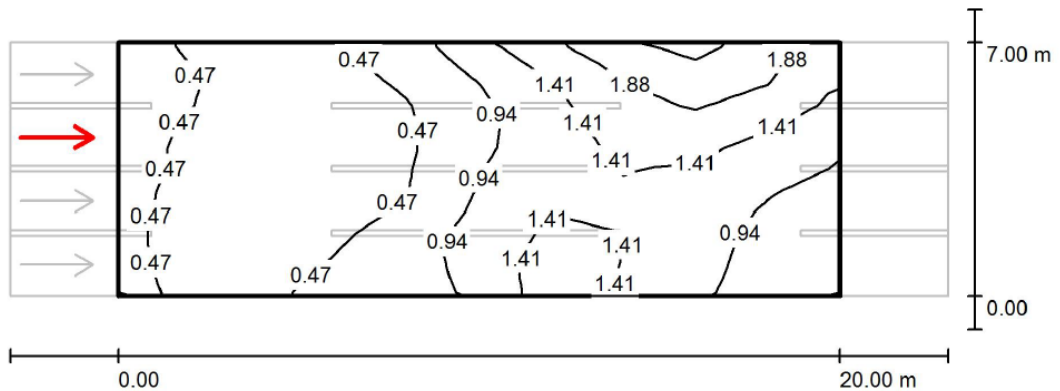


Значения в Candela/m², Масштаб 1 : 186

Растр: 10 x 12 Точки
 Позиция наблюдателя: (-60.000 m, 4.375 m, 1.500 m)
 Покрытие: R3, q0: 0.070

| | L_{cp} [cd/m ²] | U0 | UI | TI [%] |
|--|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Фактические расчетные значения: | 0.91 | 0.15 | 0.10 | 2 |
| Фактические значения согласно классу ME4a: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15 |

Рисунок Д.Е.7 – Люксограмма ділянки дороги

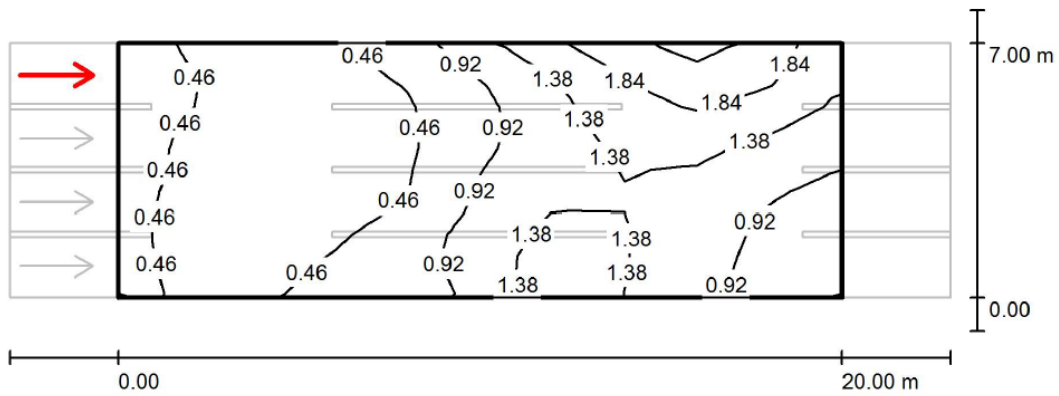


Значения в Candela/m², Масштаб 1 : 186

Растр: 10 x 12 Точки
 Позиция наблюдателя: (-60.000 m, 4.375 m, 1.500 m)
 Покрытие: R3, q0: 0.070

| | L_{cp} [cd/m ²] | U0 | UI | TI [%] |
|--|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Фактические расчетные значения: | 0.91 | 0.15 | 0.10 | 2 |
| Фактические значения согласно классу ME4a: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15 |

Рисунок Д.Е.8 – Люксограмма ділянки дороги



Значения в Candela/m², Масштаб 1 : 186

Растр: 10 x 12 Точки
 Позиция наблюдателя: (-60.000 m, 6.125 m, 1.500 m)
 Покрытие: R3, q0: 0.070

| | L_{cp} [cd/m ²] | U0 | UI | TI [%] |
|--|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Фактические расчетные значения: | 0.90 | 0.16 | 0.12 | 2 |
| Фактические значения согласно классу ME4a: | ≥ 0.75 | ≥ 0.40 | ≥ 0.60 | ≤ 15 |

Рисунок Д.Е.9 – Люксограмма ділянки дороги

Профиль дороги

| | |
|----------------------|---|
| Пешеходная дорожка 2 | (Ширина: 4.000 m) |
| Полоса стояночная 2 | (Ширина: 2.000 m) |
| Проезжая часть 2 | (Ширина: 7.000 m, Число полос движения: 2, Покрытие: R3, q0: 0.070) |
| Сред. полоса 1 | (Ширина: 1.000 m, Высота: 0.000 m) |
| Проезжая часть 1 | (Ширина: 7.000 m, Число полос движения: 2, Покрытие: R3, q0: 0.070) |
| Полоса стояночная 1 | (Ширина: 2.000 m) |
| Пешеходная дорожка 1 | (Ширина: 4.000 m) |

Коэффициент эксплуатации: 0.67

Рисунок Д.Е.10 – Профіль дороги

Коефіцієнт експлуатації: 0.67

Пішохідна доріжка 2 (Ширина: 4.000 m)

Смуга стоянкова 2 (Ширина: 2.000 m)

Проїжджа частина 2 (Ширина: 7.000 m, Кількість смуг руху: 2, Покриття: R3, q0: 0.070)

Середовище. Смуга 1 (Ширина: 1.000 m, Висота: 0.000 m)

Проїжджа частина 1 (Ширина: 7.000 m, Кількість смуг руху: 2, Покриття: R3, q0: 0.070)

Смуга стоянкова 1 (Ширина: 2.000 m)

Пішохідна доріжка 1 (Ширина: 4.000 m)

Структури світильників

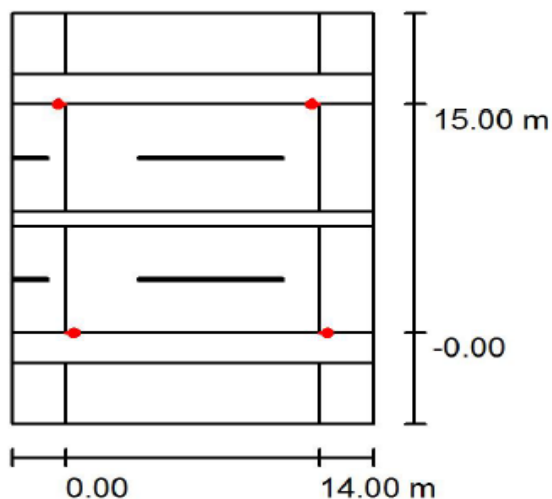
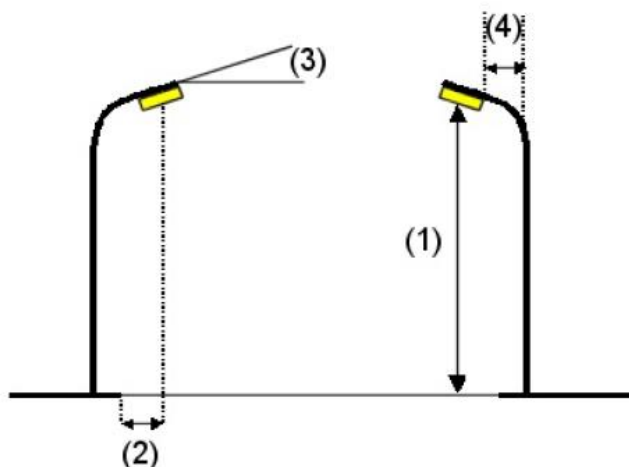
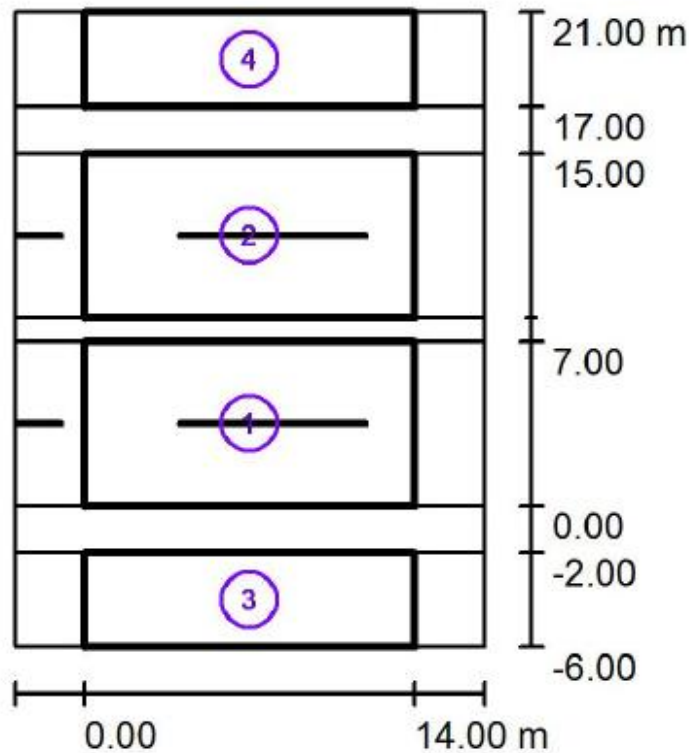


Рисунок Д.Е.11 – Геометрія встановлення світильників



| | | |
|------------------------------|--|--|
| Светильник: | ARCLUCE 0877017A-840 LUNIO-STREET - 69W - 7400lm - Type II | Наибольшие значения силы света |
| Световой поток (Светильник): | 7400 lm | при 488 |
| Световой поток (Лампы): | 7400 lm | 70°: cd/klm |
| Мощность светильников: | 69.0 W | при 48 |
| Расположение: | с обеих сторон напротив друг другу | 80°: cd/klm |
| Расстояние между мачтами: | 14.000 m | при 1.23 |
| Монтажная высота (1): | 7.983 m | 90°: cd/klm |
| Высота световых точек: | 8.000 m | В во всех направлениях, которые образуют указанный угол с нижней вертикалью в установленных и готовых к работе светильниках. |
| Вылет (2): | 0.000 m | Сила света не выше 90°. |
| Наклон консоли (3): | 0.0 ° | Компоновка отвечает классу силы света G4. |
| Длина консоли (4): | 0.649 m | Компоновка отвечает классу индекса ослепления D.4. |

Рисунок Д.Е.12 – Параметры світильників



Коэффициент эксплуатации: 0.67

Рисунок Д.Е.13 – Параметры дослідженої ділянки дороги

Масштаб 1:500

Список критеріальних полів

1. Критеріальне поле Проїжджа частина 1

Довжина: 14.000 m, Ширина: 7.000 m

Растр: 10 x 4 Крапки

Елементи дороги, що беруть участь: Проїжджа частина 1.

Класифікація вулиць: Freeway A (Всі фотометричні умови дотримані)

Метод IES: Luminance

| | L_{cp} [cd/m ²] | L_{cp}/L_{min} | L_{max}/L_{min} | $L_{v max}/L_{cp}$ |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Фактические расчетные значения: | 0.7 | 1.4 | 1.7 | 0.0 |
| Фактические значения согласно классу: | ≥ 0.6 | ≤ 3.5 | ≤ 6.0 | ≤ 0.3 |
| Выполняется/не выполняется: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

2. Критеріальне поле Проїжджа частина 2

Довжина: 14.000 m, Ширина: 7.000 m

Растр: 10 x 4 Крапки

Елементи дороги, що беруть участь: Проїжджа частина 2.

Класифікація вулиць: Freeway A (Всі фотометричні умови дотримані)

Метод IES: Luminance

| | L_{cp} [cd/m ²] | L_{cp}/L_{min} | L_{max}/L_{min} | $L_{v\ max}/L_{cp}$ |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Фактические расчетные значения: | 0.9 | 1.4 | 2.2 | 0.1 |
| Фактические значения согласно классу: | ≥ 0.6 | ≤ 3.5 | ≤ 6.0 | ≤ 0.3 |
| Выполняется/не выполняется: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

3. Критеріальне поле Пішохідна доріжка 1

Довжина: 14.000 m, Ширина: 4.000 m

Растр: 10 x 2 Крапки

Дороги, що беруть участь: Пішохідна доріжка 1.

Класифікація вулиць: Freeway A (Всі фотометричні умови дотримані)

Метод IES: Luminance

| | L_{cp} [cd/m ²] | L_{cp}/L_{min} | L_{max}/L_{min} | $L_{v\ max}/L_{cp}$ |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Фактические расчетные значения: | 0.6 | 1.4 | 1.9 | 0.0 |
| Фактические значения согласно классу: | ≥ 0.6 | ≤ 3.5 | ≤ 6.0 | ≤ 0.3 |
| Выполняется/не выполняется: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

4. Критеріальне поле Пішохідна доріжка 2

Довжина: 14.000 m, Ширина: 4.000 m

Растр: 10 x 2 Крапки

Дороги, що беруть участь: Пішохідна доріжка 2.

Класифікація вулиць: Freeway A (Всі фотометричні умови дотримані)

Метод IES: Luminance

| | L_{cp} [cd/m ²] | L_{cp}/L_{min} | L_{max}/L_{min} | $L_{v\ max}/L_{cp}$ |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Фактические расчетные значения: | 0.8 | 1.4 | 1.9 | 0.1 |
| Фактические значения согласно классу: | ≥ 0.6 | ≤ 3.5 | ≤ 6.0 | ≤ 0.3 |
| Выполняется/не выполняется: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

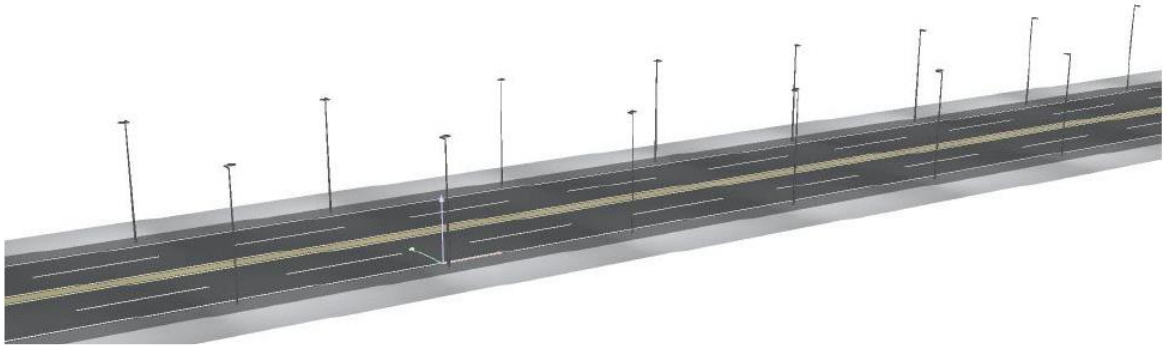


Рисунок Д.Е.14 – Вулиця 3 (Схема вулиць 1) / 3 D – візуалізація

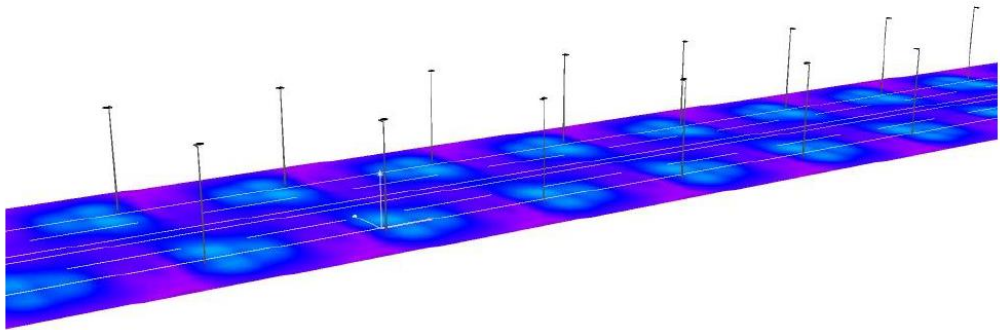


Рисунок Д.Е.15 – Вулиця 3 (Схема вулиць 1)/Фіктивні кольори – візуалізація

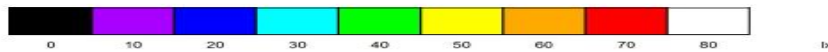
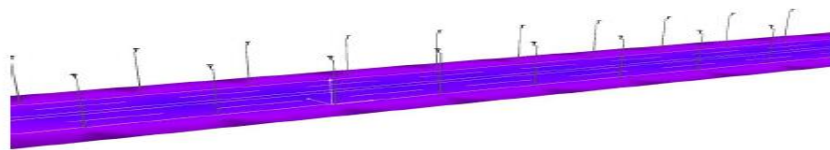


Рисунок Д.Е.16 – Вулиця 4 (Схема вулиць 2)/Фіктивні кольори – візуалізація

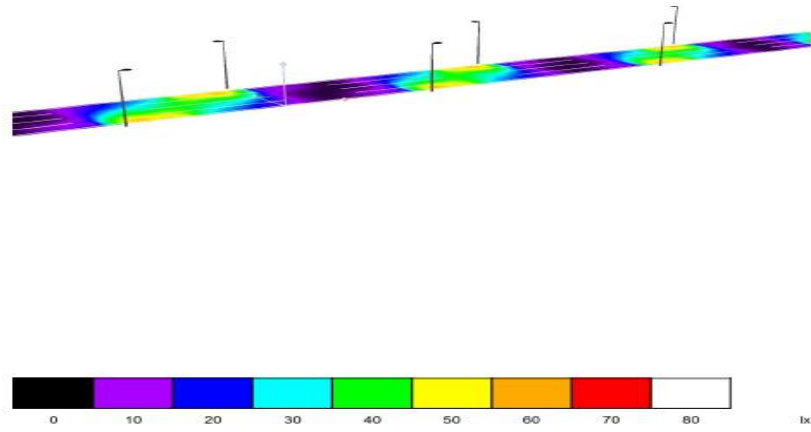


Рисунок Д.Е.17 – Вулиця 5 (Схема вулиць 3)/Фіктивні кольори – візуалізація

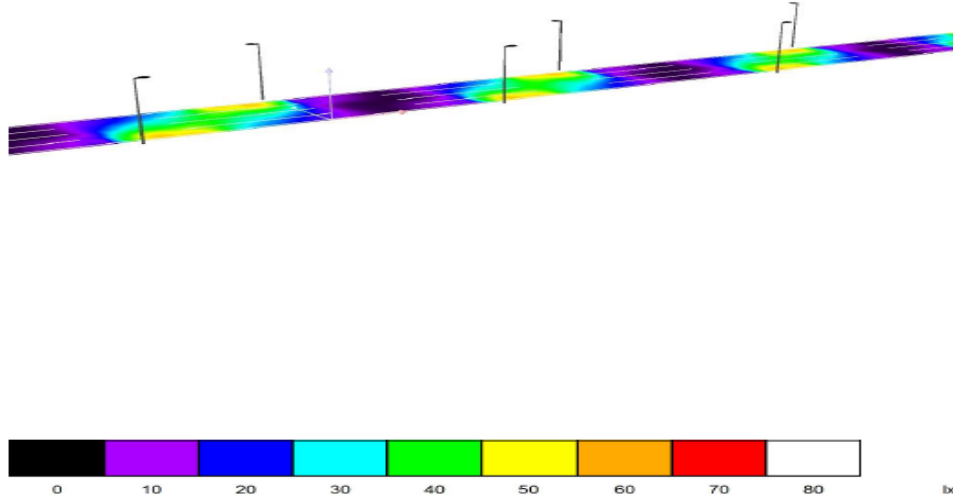


Рисунок Д.Е.18 – Вулиця 6 (Схема вулиць 4)/Фіктивні кольори – візуалізація

ДОДАТОК Є

**Системи керування і формат перфектних та експлуатованих
систем керування зовнішнім освітленням**

Д.Є.1 Системи керування освітленням

Димери з дистанційним управлінням – це, як правило, звичайні настінні сенсорні димери, укомплектовані спеціальною накладкою з ІК – приймачем або приймачем радіосигналу. Для дистанційного керування щитовими димерами застосовують додатковий модуль – приймач радіосигналу.

Дистанційне управління регулятором світла здійснюється за допомогою пульта управління радіоканалом або ІК-сигналами.

Принципи управління світлодіодними системами

На відміну від усіх інших джерел світла, випромінювання світлодіодів не містить теплових та ультрафіолетових випромінювань, за такого стану справ світлодіоди не нагрівають предмети і не викликають їх вицвітання. Габарити світлодіодних освітлювальних елементів порівняно малі, що дозволяє легко розподіляти світловий потік у просторі, використовуючи спеціальні відбивачі або лінзи.

Способи електроживлення світлодіодних світлових приладів

Спосіб електроживлення світлодіодних світлових приладів виконується з урахуванням кожної конкретної сфери застосування, виходячи з їх експлуатаційних характеристик, зручності використання і вартості. Існує три варіанти електроживлення:

- низьковольтна живляча мережа;
- вбудоване джерело живлення;
- інтегроване джерело живлення.

Способи регулювання світлового потоку світлодіодних світлових приладів

Світловий потік світлодіодів може регулюватися двома способами:

- одноколірні білі світлодіодні світильники, що не налаштовуються, можуть регулюватися за допомогою сумісного димера загального призначення;

- світлодіодні світильники змінюваного кольору і білого світла з колірною температурою, що налаштовується, можуть димеруватися за допомогою DMX або інших інтерфейсів управління.

Димерування за допомогою ШІМ

Світловий потік одноколірних білих світлодіодних світильників, що не налаштовуються, зі вбудованими регульованими драйверами може регулюватися за допомогою існуючих димерів загального призначення. У більшості світлодіодних драйверів для регулювання потужності, що подається на світлодіоди, використовується **широотно-імпульсна модуляція (ШІМ)**.

Димери з відсіченням по задньому фронту використовуються набагато рідше, ніж димери з відсіченням по передньому фронту. У нових установках це не викликає проблем – досить просто встановити разом із новими світильниками димер рекомендованого типу. При модернізації системи освітлення, коли відбувається заміна традиційних світильників світлодіодними, необхідно замінити існуючі димери з відсіченням по передньому фронту сумісними димерами з відсіченням по задньому фронту.

Для відсутності візуального дискомфорту слід уникати коефіцієнтів заповнення близько 10%.

Д.Є.2 Формат перфектних та експлуатованих систем керування зовнішнім освітленням

Узагальнена управлінська схема керування електроенергоефективністю ЗО базується на наступних канонічних механізмах реалізації: оптимізації добових графіків вмикання – вимикання мереж освітлення, використання часткового вмикання світильників, зниження рівня яскравості світильників у межах допустимих відповідними регламентами рівнів, компенсації реактивної складової споживання ЕЕ.

При цьому варіанти рішень можуть бути і будуть різного формату.

Управління вуличним освітленням за заздалегідь заданим графіком. При такому способі управління вмикання та вимикання освітлення відбувається за заздалегідь складеним графіком. Критеріями складання графіка можуть бути астрономічні спостереження про час заходу і сходу сонця, світлові діаграми місця встановлення освітлювальних установок або зміна інших параметрів, важливих для цієї системи. В даний час такий спосіб управління є найбільш поширеним.

Розглянемо цей спосіб управління з погляду вимог до ефективності, наданих вище. При керуванні за заданим графіком відповідність освітленості рівнем нормативної документації має закладатися на етапі проектування системи освітлення. Зважаючи на малу гнучкість керуючого графіка, подібні системи не є економічними. Також варто зазначити, що в цьому випадку система враховує лише один певний критерій, за яким здійснюється керування (як правило, це освітленість). Для сучасних міст наявність лише одного критерію управління явно недостатня. Крім того, відсутність зворотних зв'язків у таких системах значно знижує точність їх роботи при відхиленнях зовнішніх умов від заздалегідь заданих. З тієї ж причини в системі, організованій таким чином, ускладнено моніторинг стану освітлювальних установок та їх оперативне обслуговування у разі виходу з ладу [38].

Основною перевагою такої системи є простота її організації – не

потрібна розробка складних алгоритмів управління, а для розширення мережі потрібне тільки збільшення потужності обладнання, що живить лампи. Таким чином, системи управління за заздалегідь заданим графіком не відповідають більшості вимог до сучасних мереж вуличного освітлення великих міст, оскільки вони не забезпечують необхідний рівень гнучкості, та кошти, витрачені на електроенергію, під час експлуатації такої мережі перекрыють економію від простоти її організації. Однак, для невеликих поселень і сіл, а також для зовнішнього освітлення великих підприємств цей спосіб може бути використано через свою простоту.

Управління вуличним освітленням за даними, які отримують із датчиків за допомогою заздалегідь визначених (детермінованих) алгоритмів. У системах керування, організованих таким чином, з'являється зворотний зв'язок – інформація, яку отримують із датчиків. Як правило, використовуються датчики освітленості та/або руху. Інформація, що отримується з датчиків, дозволяє в режимі реального часу відстежувати стан системи освітлення, оцінювати відповідність рівня освітленості нормативам, проводити моніторинг енергоспоживання та справності світильників. Наявність оперативної інформації дозволяє зменшувати освітленість, отже, і потужність, споживану освітлювальними установками, не виходячи за рамки, встановлені нормативною документацією. Цей підхід дозволяє значно збільшити енергоефективність вуличного освітлення. Введення датчиків струму дозволяє здійснювати моніторинг енергоспоживання та відстежувати несправності у системі. Подібні системи нині активно розробляються і впроваджуються як в Україні, так і за кордоном.

Основним недоліком таких систем є їх велика вартість, проте, як правило, початкові вкладення окупаються за рахунок економії електроенергії. У системах управління за заданими алгоритмами зменшується вплив людини на систему управління, тому що людині важко оперативно обробити інформацію, що надходить із численних датчиків, і прийняти правильне рішення. Керуючі програми з детермінованими алгоритмами краще

справляються з цим завданням, але у великих містах, за наявності великої кількості критеріїв ефективності, істотний вплив випадковості та невизначеності зовнішніх факторів, вони не можуть забезпечити прийняття найбільш ефективного рішення. У зв'язку з цим виникає наступний клас систем керування [22].

Інтелектуальні системи керування. У цих системах зберігаються всі властивості попереднього класу систем, але управління здійснюється не за жорстко заданими алгоритмами, а за допомогою технологій штучного інтелекту. Алгоритми управління можуть бути реалізовані з використанням нечіткої логіки, нейронних мереж та/або інших способів управління. Зберігаючи всі переваги систем із детермінованими алгоритмами, інтелектуальні системи забезпечують гнучкість управління та найкращі результати в умовах невизначеності вхідних даних. Крім того, інтелектуальні алгоритми показують свою високу ефективність за наявності великої кількості критеріїв управління в інших галузях промисловості та господарства.

Способи і засоби керування зовнішнім освітленням

Вибрана й оптимально експлуатована система керування освітлювальними мережами має на меті збільшення організованого використання освітлювальної установки (ОУ), що, в свою чергу, покращить умови освітлення і тим самим призведе до підвищення продуктивності праці, зниження браку вироблюваної продукції і зменшення виробничого травматизму.

Керування освітлювальними системами – це складне завдання, від роботи якого залежить рівень стану ОУ, режим функціонування освітленням, а також створення передумов для оптимального та ефективного споживання електроенергії. Такий підхід щодо керування освітлювальними системами освітленням дозволить знизити рівень споживання електроенергії на освітлення та здійснює оптимальне вмикання чи вимикання освітлювальних приладів за наступних умов експлуатаційних умов [11, 13, 22]:

– залежно від рівня природної освітленості приміщень;

- по досягненню певного часу доби;
- при натисненні людиною кнопок управління;
- за умови сигналу від датчиків присутності.

Керування системою вуличного освітлення у залежності від місця розташування пунктів керування наразі виконуються як місцеві чи дистанційні.

При місцевій системі керування вмикання і вимикання освітлювальних систем виконуються за допомогою комутаційних апаратів, встановлених у кожному з освітлюваних приміщень, або на кожній з освітлюваних ділянок відкритої території.

За централізованої дистанційної системи керування організація системи освітлення зосереджується в одному або декількох локаціях, як приклад, у центральному диспетчерському пункті.

Між тим, з-поміж централізованого дистанційного керування поділяють на дві системи управління.

У разі живлення ОУ від розподільчого щитка окремими лініями, то можливе централізоване керування з пунктів живлення усіма ОУ безпосередньо комутаційними апаратами, що встановлені на цих лініях. Розглянута схема живлення освітлювальних мереж зустрічається лише на невеликих промислових об'єктах і в різних системах вуличного освітлення.

На великих об'єктах ОУ живиться окремими лініями від розподільчих пристроїв різних підстанцій. У разі такого варіанта під'єднання до мережі ОУ є можливість здійснення централізованого дистанційного керування. За таких умов, на кожній з освітлювальних ліній встановлюються системи управління, дистанційне керування якими зосереджується в одному або декількох пунктах управління (наприклад, ЦДП) [37].

Так само, як і при системі місцевого управління, комутаційні апарати централізованого дистанційного керування можуть вмикатися і вимикатися в ручному режимі або автоматично.

Можливе керування освітлювальних систем за такими варіантами: місцеве індивідуальне, місцеве групове; централізоване дистанційне з розподільчого щитка – за допомогою комутаційних апаратів, встановлених на освітлювальних відвідних лініях, і централізоване дистанційне з пунктів управління – за допомогою проміжних пристроїв керування (або пристроїв, що управляють струмом певної напруги контакторів або електромагнітних пускачів).

При місцевому груповому управлінні кожним комутаційним апаратом керується група світильників.

Між тим, у залежності від способу керування за допомогою місцевих комутаційних апаратів керування може бути **ручним** або **автоматичним**.

При ручному керуванні вмикання і вимикання освітлення виконується, за необхідності, допоміжним персоналом.

Основні засоби керування вуличним освітленням

Вмикання та вимикання окремо взятих світильників або груп світильників виконуються вимикачами, автоматами чи рубильниками. При дистанційному керуванні вуличним освітленням застосовуються додатково електромагнітні пускачі або контактори, автомати і реле, різноманітні блоки керування. З метою контролю за виконанням команд із пунктів управління встановлюються сигнальні лампи.

Мережі управління виконуються кабелями і дротами.

Системи управління зовнішнім освітленням

Класифікація систем автоматичного управління зовнішнім освітленням

Залежно від основної мети, завдання управління класифікуються таким чином [37]:

- системи стабілізації;
- система програмного управління;
- спостережні системи.

У системах стабілізації робочий параметр об'єкта (регульована величина) підтримується постійним у часі при постійно завданому сигналі. Як приклад, з метою стабілізації робочих характеристик світлодіода необхідно підтримувати постійну величину сигналу струму.

У системах програмного управління робочий параметр об'єкта змінюється з плином часу за заданим законом, відповідно до якого змінюється завдання.

У спостережних системах робочий параметр об'єкта змінюється у часі за задалегідь невідомим законом, який визначається якимсь зовнішнім незалежним процесом.

Залежно від кількості регульованих величин системи можуть бути одновимірними (одна регульована величина) або багатовимірними (декілька регульованих величин).

САК умовно можна розділити на два основні класи: **локальні** і **централізовані**.

Для локальних систем характерне управління тільки однією групою світильників, тоді як централізовані системи допускають підключення практично нескінченного числа окремо керованих груп світильників.

Між тим, за розглянутою сферою керування локальною системою можуть бути поділені на системи керування світильниками і системи керування освітленням вулиці, а централізовані поділяються на спеціалізовані та загального призначення (для керування усіма інженерними системами будівлі опалюванням, кондиціонуванням, пожежною й охоронною сигналізацією і т.д.).

Локальні системи керування зовнішнім освітленням

Локальні системи керування освітлювальними пристроями у більшості випадків не потребують додаткової проводки, а іноді навіть скорочують необхідність у прокладанні додаткових ліній електропостачання. Конструктивно такі лінії електропостачання проєктуються в малих

енергетичних системах, які закріплюються відповідно на сході або на світильнику.

Освітлювальні установки, обладнані датчиками, обмінюються між собою інформацією, тому що, якщо є присутність однієї людини, світильники, що знаходяться на його шляху, залишаються увімкненими [11, 22, 23].

Централізовані системи керування зовнішнім освітленням вулиць

Централізовані системи керування вуличним освітленням, які будуються у відповідності до концепції «інтелектуальних» систем, проєктуються на основі мікропроцесорів, що забезпечують можливість практично одночасного багатоваріантного керування значною (до декількох сотень) кількістю світильників. Такі системи можуть застосовуватися або тільки для управління освітленням, а також для взаємодії з іншими комунікативними та електротехнічними системами (наприклад, із телефонною мережею, Інтернет-мережею, системами безпеки та ін.).

Централізовані системи видають керуючі сигнали на освітлювальних світильниках за сигналами локально встановлених датчиків. Між тим, перетворення сигналів проводиться у централізованому вузлі, який надає додаткові можливості вручну керувати вуличним освітленням. Одночасно істотно спрощується зміна алгоритму роботи системи.

Безумовною перевагою СУО є простота їх монтажу та експлуатації, а також надійність.

Проте, якщо вимагається керування освітлювальним обладнанням великих територій, або постає необхідність індивідуального керування усіма світильниками в освітлювальній мережі, СУО світильників виявляються досить дорогим засобом керування, оскільки вимагають установки однієї СУО на один світильник. У цьому випадку зручніше використати СУО певних ділянок, які містять менше електронних компонентів, аніж вимагається у попередньому випадку, і тому дешевші.

ДСОУ є блоками, які конструктивно вбудовані у розподільчі щитки. Системи вказаного виду здійснюють одну функцію чи регламентований ряд

функцій, вибір між якими виконується перемикачами на щитку або виносному пульті керування системи. Подібні СУО відносно прості у виробництві та експлуатації, а також побудовані на базі дискретних логічних мікросхемах.

Слід зауважити, що датчики СУО завжди є виносними, вони мають бути розміщені на відповідній ділянці, що освітлюється з керованими ОУ, і до них потрібна спеціальна мережа, що є відповідним недоліком такого рішення.

У доповнення до вищенаведених спрямувань додамо наступне.

В Україні, як і у світі, набув поширення такий напрям науки і техніки як волоконна оптика та волоконно-оптичні технології. Волоконно-оптичні системи передавання інформації забезпечують передавання інформації з найбільшою швидкістю на значні відстані. У свою чергу, стає актуальним метрологічне забезпечення ВОСП.

Метою удосконалення еталона було забезпечення на високому рівні єдності та точності вимірювань енергетичних параметрів, випромінювання та розширення його функціональних можливостей на нові типи ЗВТ, у т.ч. для ВОСП. Основне завдання – це підвищення метрологічних характеристик, розширення динамічного діапазону для відтворення, зберігання та передачі одиниці потужності неперервного випромінювання у світловоді та розширення його функціональних можливостей, а саме: спорядження еталона апаратурою для відтворення, зберігання та передавання одиниці часу розповсюдження випромінювання у світловоді. Зазначений еталон є найвищою ланкою державної перевірювальної схеми для даних видів випромінювань. Удосконалений еталон передбачений для відтворення і зберігання одиниць середньої потужності в імпульсі випромінювання, потужності неперервного випромінювання у світловоді та часу розповсюдження випромінювання у світловоді, а також для передачі розміру одиниць робочим еталоном і безпосередньо робочим засобом вимірювальної апаратури, які використовуються в країні, що мають на меті забезпечення єдності й однозначної точності вимірювань у галузях сучасних електронно-

комп'ютерних телекомунікацій, оборонної промисловості, наукових досліджень, оптичної локації, далекометрії та ін.

Відтворення одиниці потужності неперервних світлових потоків випромінювання у світловоді, джерелом якого є стабілізований лазер, базується на вимірюванні потужності випромінювання за допомогою еталонного первинного вимірювального перетворювача [38].

Наведені попередні заходи підвищення ефективності взагалі та енергоефективності мереж штучного освітлення міст та населених пунктів являють собою базову складову для формату нового етапу наукового пошуку.

ДОДАТОК Ж

**Технічні заходи з переоснащення систем електропостачання
комплексів зовнішнього освітлення**

Д.Ж.1 Технічні заходи з переоснащення систем електропостачання комплексів зовнішнього освітлення

На підставі даних про технічний стан електричних мереж у місті складаються поточні програми їх капітальних ремонтів, реконструкції і нового будівництва.

Нове будівництво електричних мереж запроваджують для підвищення надійності існуючих електромереж або при приєднанні нових споживачів (чи додаткової потужності). При цьому джерела фінансування різні.

При проведенні капітальних ремонтів та реконструкції електричних мереж впроваджують новітні технології:

- заміна приладів обліку електричної енергії старих зразків механічного типу на сучасні електронні прилади з дисплеєм та з розширеними функціями тарифікації, дистанційної передачі даних з можливістю АСКОЕ або ЛУЗОД, обмеження потужності, дистанційної комутації;

- заміна неізолюваних повітряних ліній електропередачі 0,4-6-10 кВ на самонесучий ізолюваний провід із відповідною монтажною арматурою;

- заміна кабелів із паперовою просоченою ізоляцією на кабелі з ізоляцією з прошитого поліетилену із застосуванням термоусаджувальної кабельної арматури;

- заміна на повітряних лініях електропередачі 35-150 кВ фарфорових чи скляних ізоляторів на полімерні ізолятори;

- заміна вентильних розрядників (склад – резистори) на обмежувачі перенапруги або ОПН (склад – варистори);

- заміна в розподільчих пристроях 6-10-35 кВ масляних вимикачів на вакуумні вимикачі;

- заміна в розподільчих пристроях 110-150 кВ комутаційної апаратури на модульні системи з наповненням елегазу;

- заміна у схемах релейного захисту механічних пристроїв аналогового типу на електронні мікропроцесорні пристрої релейного захисту;

- упровадження сучасних систем спостереження, вимірювання і керування електроенергетичних об'єктів на основі телемеханіки;
- використання силових трансформаторів екодизайну відповідно до регламенту, затвердженого Постановою КМУ.

ДОДАТОК 3

Приклад визначення втрат електричної енергії в межах діючої ділянки мережі зовнішнього освітлення

Д.3.1 Приклад визначення втрат електричної енергії в межах діючої ділянки мережі зовнішнього освітлення

Основне завдання при проектуванні освітлювальних мереж полягає у виборі таких перерізів проводів і кабелів, які допускають прохід струму розрахункового значення освітлювального навантаження на затискачах освітлювальних установок та мають достатню механічну міцність. Важливою умовою розрахунку електричних освітлювальних мереж є забезпечення допустимого рівня відхилень напруги на затискачах освітлювальних установок. Виконаємо розрахунок освітлювальної мережі на втрату напруги у діючій системі вуличного освітлення. Вважається, що для ламп ДРЛ виконується індивідуальна компенсація реактивної потужності і споживання реактивної потужності не враховується. Для прикладу використовуються лампи ДРЛ потужністю 700 Вт, з урахуванням втрат потужності в ПРА, потужність однієї лампи становить: $P_{л} = K_{ПРА} \cdot P'_{л} = 1,12 \cdot 0,7 = 0,784$

Мінімальна допустима напруга освітлювальної установки:

$$U_{\min} = 97,5\% \cdot U_{н}, \quad U_{\text{хх}} = 105\% \cdot U_{н}$$

Втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{м}} = k \cdot (U_{\text{а}} \cdot \cos \varphi + U_{\text{р}} \cdot \sin \varphi) = 0,7 \cdot (1,2 \cdot 0,95 + 5,37 \cdot 0,31) = 1,963\%$$

$$U_{\text{а}} = \frac{100 \cdot P_{\text{кз}}}{S_{\text{н.тр.}}} = \frac{100 \cdot 7,6}{630} = 1,2\%$$

$$\Delta P_{\text{кз}} = 7,6 \text{ кВт}; \quad U_{\text{к}} = 5,5\%$$

$$U_{\text{р}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{а}}^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,2^2} = 5,37\%$$

$$\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{х}} - \Delta U_{\text{м}} - U_{\min} = 105 - 1,963 - 97,5 = 5,537\%$$

Від КТП до освітлювального пункту ЩО-1 проходить чотирижильний кабель довжиною 20 м. Схема освітлювальної мережі для ЩО-1 наведена на рис. Д.3.1.

Визначимо перетин кабелю. Для цього розраховуємо моменти всіх ділянок мережі:

- для щитка ЩО-1

$$m_{1-2} = \Sigma P \cdot l_{1-2} = 49,39 \cdot 20 = 987,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-3} = P_{\Sigma 2-3} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (24 + \frac{48}{2}) = 263,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-4} = P_{\Sigma 2-4} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (18 + \frac{48}{2}) = 230,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

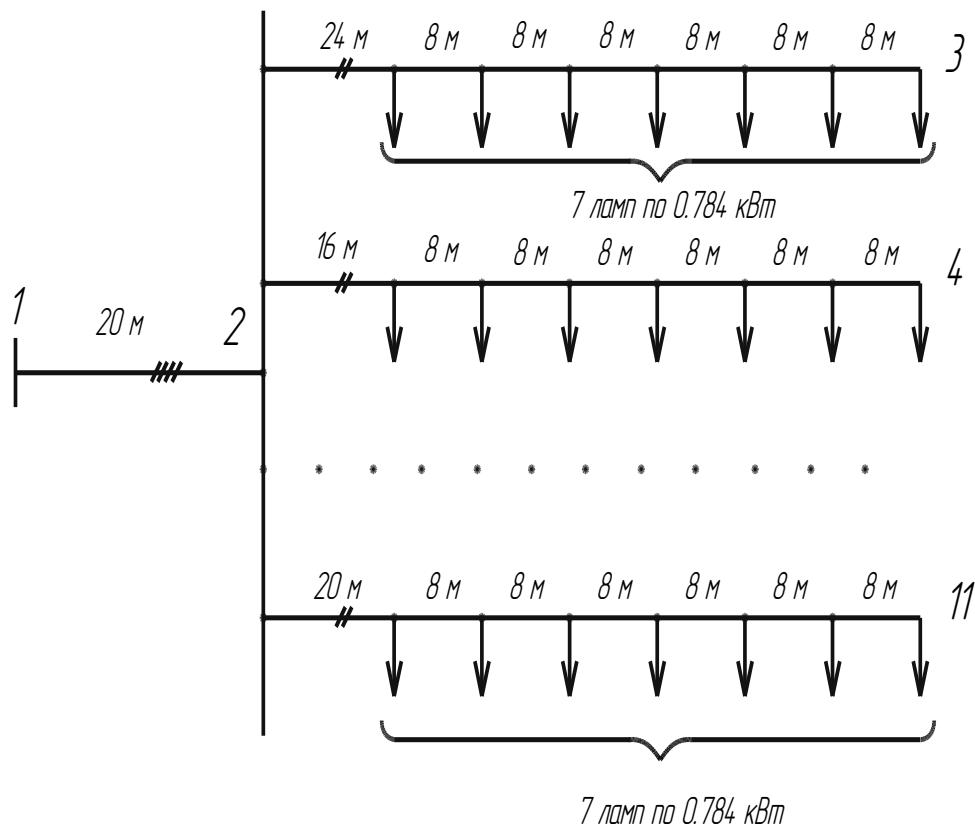


Рисунок Д.3.1 – Схема освітлювальної мережі для ЩО-1

$$m_{2-5} = P_{\Sigma 2-5} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (12 + \frac{48}{2}) = 197,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-6} = P_{\Sigma 2-6} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (6 + \frac{48}{2}) = 164,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-7} = P_{\Sigma 2-7} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (0 + \frac{48}{2}) = 131,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-8} = P_{\Sigma 2-8} \cdot (l_{л0} + \frac{l_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (6 + \frac{48}{2}) = 164,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-9} = P_{\Sigma 2-9} \cdot (I_{л0} + \frac{I_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (12 + \frac{48}{2}) = 197,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-10} = P_{\Sigma 2-10} \cdot (I_{л0} + \frac{I_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (18 + \frac{48}{2}) = 230,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-11} = P_{\Sigma 2-11} \cdot (I_{л0} + \frac{I_{л1}}{2}) = 5,488 \cdot (24 + \frac{48}{2}) = 263,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Визначаємо переріз кабелю до ЩО-1:

$$S'_{1-2} = \frac{\sum_n M + \alpha \cdot \Sigma m}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} = \frac{\sum_n M + \alpha \cdot (2m_{2-3} + 2m_{2-4} + 2m_{2-5} + 2m_{2-7} + m_{2-8})}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} =$$

$$\frac{987,8 + 1,85 \cdot (2 \cdot 263,4 + 2 \cdot 230,5 + 2 \cdot 197,6 + 2 \cdot 164,6 + 131,7)}{44 \cdot 5,537} = 18,05 \text{ мм}^2$$

де α – коефіцієнт приведення моментів;

Σm – сума моментів ліній, що живляться через дану ділянку;

C – коефіцієнт, який визначається за таблицею Д.3.1, в залежності від системи, напруги мережі та матеріалу проводів.

Приймаємо $S = 25 \text{ мм}^2$

Визначаємо дійсну втрату напруги:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot S_{12}} = \frac{987,8}{44 \cdot 25} = 0,898\%$$

$$\Delta U_{2-3} = \Delta U_{2-4} = \Delta U_{2-5} = \Delta U_{2-6} = \Delta U_{2-7} = \Delta U_{2-8} = \Delta U_{2-9} = \Delta U_{2-10} =$$

$$= \Delta U_{2-11} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{1-2} = 5,537 - 0,898 = 4,639\%$$

Перерізи

$$S_{2-3} = \frac{m_{2-3}}{C \cdot \Delta U_{2-3}} = \frac{263,4}{7,4 \cdot 4,639} = 7,673 \text{ мм}^2$$

Інші перерізи розраховуються аналогічно.

- для щитка ЩО-2

$$M_{1-2} = \Sigma P \cdot I_{12} = 35,28 \cdot 116 = 4092,48 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{2-3} = P_{\Sigma 23} \cdot (I_{\text{Л0}} + \frac{I_{\text{Л1}}}{2}) = 3,92 \cdot (24 + \frac{32}{2}) = 156,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Далі розрахунки виконуються аналогічно і зведені в таблицю 4.3.

Визначаємо переріз кабелю до ЩО-2:

$$S''_{1-2} = \frac{\sum^n M + \alpha \cdot \sum m}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} = \frac{\sum^n M + \alpha \cdot (2m_{2-3} + 2m_{2-4} + 2m_{2-5} + 2m_{2-7} + m_{2-8})}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} =$$

$$\frac{4092,48 + 1,85 \cdot (2 \cdot 156,8 + 2 \cdot 133,3 + 2 \cdot 109,8 + 2 \cdot 86,2 + 62,7)}{44 \cdot 5,537} = 24,65 \text{ мм}^2$$

Таблиця Д.3.1 – Розрахунок освітлювальної мережі

| Номер ділянки мережі | Момент, кВт · м | Розрахунковий переріз, мм ² | Стандартний переріз, мм ² | Втрата напруги, % |
|----------------------|-----------------|--|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЩО-1 | | | | |
| 1-2 | 987,8 | 18,05 | 25 | 0,898 |
| 2-3 | 263,4 | 7,673 | 10 | 3,559 |
| 2-4 | 230,5 | 6,715 | 10 | 3,115 |
| 2-5 | 197,6 | 5,756 | 6 | 4,45 |
| 2-6 | 164,6 | 4,795 | 6 | 3,707 |
| 2-7 | 131,7 | 3,836 | 4 | 4,449 |
| 2-8 | 164,6 | 4,795 | 6 | 3,707 |
| 2-9 | 197,6 | 5,756 | 6 | 4,45 |
| 2-10 | 230,5 | 6,715 | 10 | 3,115 |
| 2-11 | 263,4 | 7,673 | 10 | 3,559 |
| ЩО-2 | | | | |
| 1-2 | 4092,48 | 24,65 | 25 | 3,72 |
| 2-3 | 156,8 | 11,66 | 16 | 1,324 |
| 2-4 | 133,3 | 9,914 | 10 | 1,801 |
| 2-5 | 109,8 | 8,166 | 10 | 1,484 |
| 2-6 | 86,2 | 6,411 | 10 | 1,165 |
| 2-7 | 62,7 | 4,66 | 6 | 1,412 |
| 2-8 | 86,2 | 6,411 | 10 | 1,165 |
| 2-9 | 109,8 | 8,166 | 10 | 1,484 |
| 2-10 | 133,3 | 9,914 | 10 | 1,801 |
| 2-11 | 156,8 | 11,66 | 16 | 1,324 |

Визначаємо дійсну втрату напруги:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot S_{12}} = \frac{4092,48}{44 \cdot 25} = 3,72\%$$

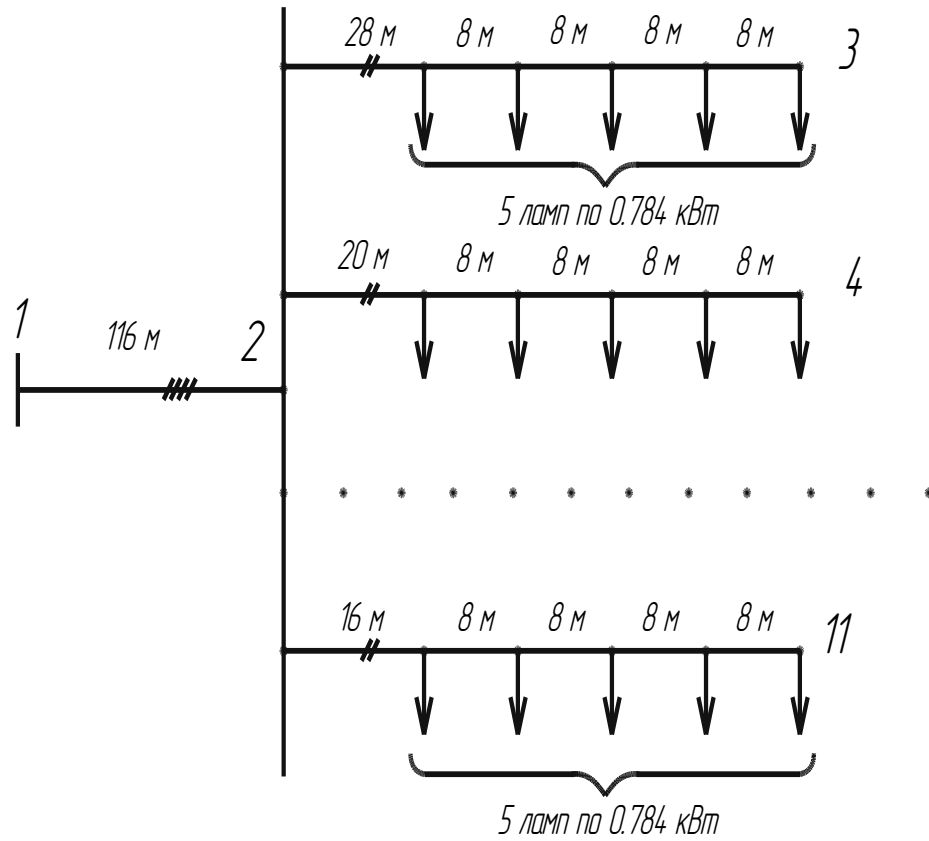


Рисунок Д.3.2 – Схема освітлювальної мережі для ЩО-2

$$\Delta U_{2-3} = \Delta U_{2-4} = \Delta U_{2-5} = \Delta U_{2-6} = \Delta U_{2-7} = \Delta U_{2-8} = \Delta U_{2-9} = \Delta U_{2-10} = \\ = \Delta U_{2-11} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{1-2} = 5,537 - 3,720 = 1,817\%$$

Перерізи

$$S_{2-3} = \frac{m_{2-3}}{C \cdot \Delta U_{2-3}} = \frac{156,8}{7,4 \cdot 1,817} = 11,66 \text{ мм}^2$$

ДОДАТОК И

**Оцінювання рівнів ефективності використання в комплексах
зовнішнього освітлення світлодіодних джерел світла**

Д.И.1 Оцінювання рівнів ефективності використання в комплексах зовнішнього освітлення світлодіодних джерел світла

У загальному випадку, при рішенні питання про вибір джерела світла для вуличного освітлення населених пунктів необхідно аналізувати переваги і недоліки джерел світла, а вже потім робити висновки про необхідність і доцільність застосування тих чи інших ламп з урахуванням рекомендацій СНіП. У таблиці Д.И.1 наводяться основні характеристики джерел світла [91].

Таблиця Д.И.1 – Основні характеристики джерел світла

| Тип джерела світла | Досягнута світлова віддача, лм/Вт | Термін дії, год. | Індекс кольоропередачі, R_a |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|
| Лампи розжарювання | 7-18 | 800-1000 | 100 |
| Галогенні лампи розжарювання | 13-30 | 3000 | 100 |
| Люмінесцентні лампи | 50-80 | 10000-12000 | 60-85 |
| Компактні люмінесцентні | 40-80 | 6000-12000 | 85 |
| Ртутні високого тиску | 40-55 | 12000-20000 | 40-60 |
| Натрієві лампи високого тиску | 80-150 | 10000-15000 | 23-80 |
| Натрієві лампи низького тиску | 100-200 | 10000-15000 | - |
| Ксенонові лампи | 120-150 | 2000 | 70-95 |
| Метало-галогенові лампи | 70-90 | 8000-10000 | 70-95 |
| Індукційні ртутні низького тиску | 200 | 60000 | - |
| Світлодіодні лампи | 75-120 | 100000 | 75-85 |

Вимоги до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення,

затверджені постановою Кабінету міністрів України від 15 жовтня 2012 року № 992, ДБН 360-92 Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень, ДБН В.2.3-5-2001 Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів, ДСТУ EN60598-2-3:2014 Світильники. Частина 2-3. Додаткові вимоги. Світильники для освітлення вулиць і доріг (EN I60598-2-3:2003; A1:2011, IDT).

Освітлювальні комплекси зовнішнього освітлення мають забезпечити нормативне освітлення дорожнього полотна для руху транспорту, тротуарів і пішохідних зон для пересування пішоходів у вечірній і нічний час [92].

При проєктуванні зовнішнього освітлення архітектурно-декоративної підсвітки рекомендується застосування освітлювальних приладів на світлодіодних лампах.

При застосуванні світлодіодних ламп для зовнішнього освітлення мінімально допустимі значення світлової ефективності світлодіодних світлотехнічних пристроїв, мінімально допустимі значення коефіцієнта потужності для освітлювальних пристроїв для зовнішнього освітлення, мінімально допустимі значення коефіцієнта корисної дії допоміжних електронних пристроїв для світлодіодних світлотехнічних пристроїв, падіння світлового потоку світлодіодних світлотехнічних пристроїв і ламп під час дотримання умов експлуатації, зазначених у супровідних документах, мінімально допустимі значення індексу кольоропередачі світлодіодних світлотехнічних пристроїв і ламп, значення корельовано колірної температури для світлодіодних світлотехнічних пристроїв і ламп можуть відповідати Вимогам до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення [93].

ДОДАТОК І

**Превентивне оцінювання економічної ефективності при
застосуванні рекомендованих варіантів керуваності комплексами
зовнішнього освітлення**

Д.І.1 Превентивне оцінювання економічної ефективності при застосуванні рекомендованих варіантів керованості комплексами зовнішнього освітлення

Ефект – це результат за результатами впровадження заходу, який, як правило, виражається грошовою сумою у вигляді чистого прибутку. При позитивному значенні він відображає економію витрат, а при негативному – збитки від інвестування цього проєкту.

Впровадження інвестицій може принести принаймні чотири види ефекту: економічний, науково-технічний, соціальний, екологічний.

Економічний ефект може бути потенційним або фактичним (реальним, комерційним), а науково-технічний, соціальний та екологічний ефекти – тільки потенційним економічним ефектом.

Економічний ефект визначається як різниця між вартісною оцінкою результатів і вартісною оцінкою сукупних витрат ресурсів на всіх етапах реалізації і за весь період інвестування або здійснення заходів. Складові економічного ефекту: прибуток від виробничо-експлуатаційної діяльності, зниження собівартості за рахунок економії матеріально-технічних ресурсів, приріст обсягу продажів, підвищення рівня використання виробничих потужностей, скорочення строків будівництва, зростання терміну служби основних фондів, підвищення фондівіддачі, зростання продуктивності праці, прискорення обороту оборотних засобів, прибуток від ліцензій і від упровадження патентів і ноу-хау та ін.

За характером урахованих результатів і витрат розрізняють показники економічної, фінансової, ресурсної, соціальної та екологічної ефективності інвестицій.

Показники економічної ефективності враховують у вартісному вимірі усі види результатів і витрат, обумовлених реалізацією інвестиційного проєкту. Враховані результати і витрати при визначенні показників економічної ефективності виходять за рамки безпосередніх фінансових

інтересів підприємств. Розрахунок показників фінансової ефективності базується тільки на фінансових показниках вкладення інвестицій. Показники ресурсної ефективності відбивають вплив виду ресурсу. Показники соціальної ефективності враховують соціальні результати реалізації проєкту, показники екологічної ефективності – вплив проєкту на навколишнє середовище (повітря, воду, землю, флору і фауну).

Залежно від тривалості періоду врахування результатів і витрат розрізняють показники ефективності, що розраховуються за розрахунковий період (наприклад, річної ефективності). Тривалість періоду, що приймається для визначення показників ефективності, залежить від численних чинників: тривалості інвестиційного періоду, терміну служби об'єкта і технологічного устаткування, ступеня достовірності вихідної інформації, вимог інвесторів.

Показники ефективності інвестиційних проєктів підрозділяються також залежно від мети їх використання на показники загальної (абсолютної) і порівняльної (відносної) ефективності. Показники загальної ефективності дозволяють оцінити економічну доцільність інвестиційних вкладень, показники порівняльної ефективності допомагають зробити порівняння різноманітних варіантів інвестиційних проєктів і вибрати найбільш економічно раціональний. Показники загальної економічної ефективності визначають з урахуванням повного обсягу інвестиційних витрат. Показники порівняльної економічної ефективності доцільно розраховувати з урахуванням тільки тих витрат, що змінюються за варіантами частин видатків і витрат, що забезпечує зниження трудових витрат при виборі інвестиційних рішень.

Для визначення економічної доцільності розробки та впровадження системи вуличного освітлення населених пунктів необхідно, перш за все, розрахувати кошторисну вартість системи.

Основою визначення кошторисної вартості системи вуличного освітлення є розробка специфікації на необхідне обладнання системи і вартість кожного елемента схеми. Розрахунки представлені в таблиці Д.І.1.

Таблиця Д.І.1 – Кошторисна вартість комплексу освітлювальної системи²

| № з/п | Найменування і технічна характеристика обладнання | Од. вимірювання | Кількість | Ціна одиниці, у.о. | Всього, у.о. |
|-------|---|-----------------|-----------|--------------------|--------------|
| 1 | Сонячна батарея | шт. | 1 | 74,75 | 74,75 |
| 2 | Контролер | шт. | 1 | 32 | 32 |
| 3 | Акумулятор | шт. | 1 | 220 | 220 |
| 4 | Монтажний провід | м | 3 | 0,54 | 1,62 |
| 5 | Болт | шт. | 4 | 1 | 4 |
| 6 | Гайка | шт. | 4 | 1 | 4 |
| 7 | Світильник | шт. | 1 | 392 | 392 |
| 8 | Кронштейн для кріплення | шт. | 1 | 13 | 13 |
| | Всього | | | | 741,37 |

Розраховуючи вартість комплектуючих, їх вартість приймається в умовних одиницях, що у перерахунку на гривні (з урахуванням поточного курсу валют) складає близько 29654,8 грн.

Додатково розраховуємо вартість доставки комплектуючих, що складає близько 5% від вартості, та становить 1482,74 грн., а також вартість витрат на монтаж установки, що складає 15% або 4448,22.

Таким чином, кошторисна вартість освітлювальної системи складає 35585,76 грн.

Кошторис річних експлуатаційних витрат з утримання освітлювальної системи населених пунктів розраховується за такими статтями:

- основна та додаткова заробітна плата експлуатаційних робітників із нарахуваннями;
- вартість експлуатаційних матеріалів;

² Цінову вартість у розрахунках наведено в усталених рівнях 2020 року

- амортизаційні відрахування;
- витрати на поточний ремонт;
- інші витрати.

Річний фонд заробітної плати включає в себе заробітну плату (плата за тарифом за відпрацьований час або за виконану роботу) і додаткову заробітну плату, до якої відносяться премії та види інших грошових виплат.

Річний фонд заробітної плати визначається трудомісткістю експлуатаційних і ремонтних робіт. Для експлуатаційного персоналу визначається наступним чином:

$$\Phi_p = Q_{m.o} T_{сер} k_{\delta}, \quad (Д.І.1)$$

де $Q_{m.o}$ – річна трудомісткість технічного обслуговування (510,66 люд.·год.);

$T_{сер}$ – середня годинна тарифна ставка робітників (24 грн./год.);

K_{δ} – коефіцієнт, який ураховує премії та інші види грошових виплат (1,25–1,35).

$$\Phi_p = 510,66 \cdot 16 \cdot 1,3 = 10621,728 \text{ грн.}$$

Вартість експлуатаційних матеріалів можна визначити залежно від заробітної плати працівників, із достатнім ступенем точності можна прийняти 10-16% від основної заробітної плати:

$$Z_{екс.мат} = 0,15 \cdot 510,66 \cdot 16 = 1225,584 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування визначають, використовуючи суму капіталовкладень в елементи системи освітлення, та річних норм амортизації (a_p) за формулою:

$$A = \frac{\Phi_p \cdot a_p}{100}. \quad (Д.І.2)$$

Розрахунки подаються у таблиці Д.І.2.

Витрати на поточний ремонт включають у себе вартість ремонтних матеріалів і запасних частин, приймаємо в розмірі 20% від основної заробітної плати:

$$Z_{рем.мат} = 0,2 \cdot 510,66 \cdot 16 = 1634,11 \text{ грн.}$$

Інші витрати на утримання системи можуть бути прийняті в розмірі 1% від основної заробітної плати працівників:

$$I_n = 0,01 \cdot 510,66 \cdot 16 = 81,71 \text{ грн.}$$

Таблиця Д.І.2 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань³

| № з/п | Елемент схеми електропостачання | Вартість усього, у.о. | Норма амортизації, а _р , % | Річні амортизаційні відрахування, у.о. |
|-------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Сонячна батарея | 74,75 | 6 | 4,49 |
| 2 | Контролер | 32 | 15 | 4,8 |
| 3 | Акумулятор | 220 | 20 | 44 |
| 4 | Монтажний провід | 1,62 | 2 | 0,03 |
| 5 | Болт | 4 | 2 | 0,08 |
| 6 | Гайка | 4 | 2 | 0,08 |
| 7 | Світильник | 392 | 10 | 3,92 |
| 8 | Кронштейн для кріплення | 13 | 10 | 1,3 |
| | Всього | | | 58,7 |

З урахуванням поточного курсу валют сума амортизаційних витрат становить 2348 грн.

Кошторис річних експлуатаційних витрат подається у вигляді таблиці Д.І.3.

Таким чином, кошторисна вартість системи освітлення складає 29654,8 грн. Річні експлуатаційні витрати становлять 15911,13 грн.

³ Розрахунки, більші для наочності, проведені на прикладі застосування в якості автономного джерела електроенергії сонячних батарей. У разі застосування інших видів джерелу розрахункові формули необхідно підставляти відповідні цінові показники

Таблиця Д.І.3 – Кошторис річних експлуатаційних витрат

| Стаття витрат | Витрати, грн. |
|-------------------------------------|---------------|
| Заробітна плата | 10621,73 |
| Вартість експлуатаційних матеріалів | 1225,58 |
| Поточні ремонти | 1634,11 |
| Амортизаційні відрахування | 2348 |
| Інші витрати | 81,71 |
| Всього | 15911,13 |

Основним показником економічної доцільності використання установки є річний економічний ефект – величина, яка включає в себе прибуток, отриманий від використання, за винятком витрат на капітальний ремонт і річну амортизацію. Економічний ефект від використання освітлювальної установки обчислюється за формулою:

$$E = \Delta E - (E_a + E_p)K \quad (\text{Д.І.3})$$

де ΔE – річний прибуток від використання сонячної установки, грн.;

E_a – річні амортизаційні витрати, %;

E_p – річні витрати на ремонт, %;

K – початкові одноразові капіталовкладення, грн.

Кількість коштів, які підприємство буде економити від використання сонячної установки за годину, визначається за формулою:

$$P_{\text{год}} = N_{\text{веу}} m \quad (\text{Д.І.4})$$

де $N_{\text{веу}}$ – потужність, яку виробляє сонячної установка з вертикальною віссю обертання, кВт;

m – тариф на 1 кВт потужності, що для підприємств становить 81 коп./кВт год.

Річна кількість коштів, зекономлених від роботи сонячної установки, обчислюється за формулою:

$$\Delta E = \Pi_{год} T_{роб} \quad (Д.І.5)$$

де $T_{роб}$ – кількість годин роботи сонячної установки за рік.

Кількість годин роботи сонячної установки за рік визначається за формулою:

$$T_{роб} = 8760 K_n \quad (Д.І.6)$$

де K_n – коефіцієнт попиту на роботу сонячної установки, %.

Термін окупності сонячної установки обчислюється за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E} \quad (Д.І.7)$$

Кількість коштів, які комунальне підприємство буде економити від використання сонячної генеруючої установки за годину:

$$\Pi_{год} = 0,5 \cdot 1,68 = 0,84 \text{ грн.}$$

Кількість годин роботи сонячної установки за рік:

$$T_{роб} = 1200 \cdot 0,7 = 840 \text{ год.}$$

Річна кількість коштів, зекономлених від роботи сонячної установки:

$$\Delta E = 0,84 \cdot 840 = 705,6 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від використання сонячної установки буде невеликий:

$$E = 705,6 - (0,05 + 0,05) \cdot 6700 = 35,6 \text{ грн.}$$

Термін окупності сонячної установки:

$$T_{ок} = \frac{6700}{35,6} = 188,2 \text{ років}$$

Наведемо розрахунок для сонячної установки, що працює із системою керування й ефективною системою освітлення. У даному випадку збільшується стабільність електропостачання, а, отже, і коефіцієнт попиту зростає. Для цього розрахунку приймаємо коефіцієнт попиту, що дорівнює 0,95. Також зростуть і капітальні вкладення, у зв'язку із закупівлею обладнання для системи керування, вони становитимуть 29654,8 грн.

Кількість коштів, які підприємство буде економити від використання сонячної установки за годину:

$$P_{\text{год}} = 0,5 \cdot 1,68 = 0,84 \text{ грн.}$$

Кількість годин роботи сонячної установки за рік:

$$T_{\text{роб}} = 1200 \cdot 0,95 = 1140 \text{ год.}$$

Річна кількість коштів, зекономлених від роботи сонячної установки:

$$\Delta E_{\text{CV}} = 0,84 \cdot 1140 = 957,6 \text{ грн.}$$

$$\Delta E_{\text{CO}} = 0,5 \cdot 50000 = 25000 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від використання сонячної установки:

$$E = (957,6 + 25000) - (0,05 + 0,05) \cdot 29654,8 = 22992,12 \text{ грн.}$$

Термін окупності сонячної установки:

$$T_{\text{ок}} = \frac{29654,8}{22992,12} = 1,29 \text{ років,}$$

що становить 1 рік і 4 місяці.

Для енергетики економічно ефективними є проекти, що окупаються не пізніше, ніж через 7 років.

ДОДАТОК Й

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж»



_____ М.Кривий Ріг

_____ 2024 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

ГОРШКОВА Віктора Вікторовича «Енергоефективне нечітке керування електротехнічними комплексами зовнішнього освітлення міст та населених пунктів» в практику роботи ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж»

ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж» - провідне спеціалізоване підприємство криворізького регіону, яке є базовим при розробці проектуванню, монтажу та налагодженню систем електропостачання міст та селищ враховуючи системи освітлення вулиць. В цьому спрямуванні підприємство веде постійний пошук нових сучасних і перспективних розробок для втілення їх в практику своєї роботи по розробці систем які дозволять в перспективі знизити витрати електричної енергії, що призведе до економічного споживання електричної енергії вуличним освітленням міст та селищ.

У зв'язку з цим, в такому варіанті діяльності підприємства цікавими виглядають результати досліджень ГОРШКОВА Віктора Вікторовича які викладені в дисертаційній роботі «Енергоефективне нечітке керування електротехнічними комплексами зовнішнього освітлення міст та населених пунктів». Проектувальники та розробники комплексів систем електропостачання підприємств ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж», згідно

пропозицій ГОРШКОВА Віктора Вікторовича використовують наступні доробки його дисертаційної роботи:

- нова структура електротехнічних комплексів із використанням АСК з елементами штучного інтелекту, інтегрованих у процес керування освітленням як енергетичного об'єкта, для прийняття управлінських рішень з адаптивності режимів їх живлення у функції прийнятих ключових критеріїв ефективності та безперебійності;

- схемотехнічні рішення нової системи з елементами інтелектуального керування зовнішнім освітленням, що дозволяє налаштування системи зовнішнього та декоративного освітлення в залежності від реальної необхідності.

Очікуваний економічний ефект від впровадження таких впроваджень, в середньому, може скласти близько 1,5 млн. грн. в рік (в цінах 2022 р.)

Начальник виробничого
відділу

 Северенчук П.П.

Начальник фінансового
відділу

 Ніконенко І.А.



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Перший проректор

Кіровоградського національного університету

к.т.н. доц. Владислав ЧУБАРОВ

2024

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи ГОРШКОВА Віктора Вікторовича «Енергоефективне нечітке керування електротехнічними комплексами зовнішнього освітлення міст та населених пунктів»

Комісія у складі: голова - декан електротехнічного факультету, доцент В.Федотов; членів комісії: завідувач навчально-методичного відділу С.Івашура, завідувача кафедри електричної інженерії, д.т.н., професор О.Сінчук, доцент кафедри електричної інженерії к.т.н. І. Пересунько, доцент кафедри електричної інженерії к.т.н. О.Михайленко, склали акт про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційної роботи ГОРШКОВА Віктора Вікторовича «Енергоефективне нечітке керування електротехнічними комплексами зовнішнього освітлення міст та населених пунктів» шляхом інтеграції матеріалів досліджень до лекційних курсів та практичних занять:

- «Електропостачання» - для 1-го (бакалаврського) рівня здобувачів вищої освіти;

- «Електропостачання міст та локальних об'єктів» - для 2-го (магістерського) рівня здобувачів вищої освіти.

Для забезпечення впровадження матеріалів дисертаційних досліджень були використані наступні складові дисертаційної роботи ГОРШКОВА Віктора Вікторовича:

до лекційних курсів:

- методи аналізу стану та формалізацію системостворюючих чинників, котрі впливають на електроенергоефективність, якість і безперебійність зовнішнього освітлення міст і населених пунктів із визначенням та оцінюванням сучасних креативних напрямків підвищення вищенаведених показників;

- імітаційна модель електротехнічного комплексу зовнішнього освітлення для дослідження стійкості режимів їх функціонування та здійснення оптимізації вхідних – вихідних параметрів автоматичного регулятора з елементами нечіткого керування процесами в комплексі зовнішнього освітлення.

до практичних занять:

- визначення вхідних – вихідних параметрів функціонування системи автоматичного керування електротехнічним комплексом зовнішнього освітлення населених пунктів,

що дозволяє проводити адаптивне керування комплексом зовнішнього освітлення у функції рівня струму (напруги) в електричній мережі та рівня освітленості.

Комісія встановила відповідність впровадження результатів дисертаційного дослідження ГОРШКОВА В.В. «Енергоефективне нечітке керування електротехнічними комплексами зовнішнього освітлення міст та населених пунктів» вимогам до проведення учбових занять в Криворізькому національному університеті для студентів 1-го та 2-го рівня навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Голова комісії:

Декан електротехнічного факультету,
к.т.н., доцент



Владислав ФЕДОТОВ

Члени комісії:

Завідувача навчально-
методичного відділу



Світлана ІВАШУРА

Завідувач каф. «Електрична інженерія»,
д.т.н., проф.



Олег СІНЧУК

Доц. каф. «Електрична інженерія», к.т.н.
гарант ОП спеціальності 141 «Електроенергетика
електротехніка та електромеханіка», перший
(бакалаврський) рівень



Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Доц. каф. «Електрична інженерія», к.т.н.,
гарант ОП «Системи електропостачання
промислових підприємств, міст та локальних
об'єктів» другий (магістерський) рівень



Олексій МИХАЙЛЕНКО