

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

Л.А. Назаренко, К.І. Іоффе

ШТУЧНЕ ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ

Навчальний посібник

Харків – ХНАМГ – 2008

УДК 628

Назаренко Л.А., Іоффе К.І. **Штучне зовнішнє освітлення:** Навчальний посібник з курсу «Освітлення міст» (для студентів 5 курсу і магістрів денної форми навчання і 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.090605, 8.090605 - «Світлотехніка і джерела світла»)
– Харків: ХНАМГ, 2008. – 122 с.

Авт.: Л.А. Назаренко,
К.І. Іоффе

Рецензент: д.т.н., професор В.Ф. Рой

Друкується за рішенням Вченої ради ХНАМГ як навчальний посібник для студентів спеціальності «Світлотехніка і джерела світла», протокол № 6 від “25” січня 2008р.

Зміст
Частина I
Освітлення селітебних територій

	Стор.
Передмова.....	6
1. Область застосування	7
2. Нормативні посилання.....	7
3. Терміни. Класифікація.....	8
3.1 Терміни й визначення.....	8
3.2 Класифікація об'єктів.....	13
4. Нормування освітлення міських територій.....	17
4.1 Освітлення вулиць, доріг і площ.....	17
4.2 Освітлення пішохідних просторів.....	21
4.3 Освітлення просторів на територіях промислових підприємств...	24
4.4 Освітлення просторів на територіях житлових районів.....	25
Додаток А. Методика розрахунку нормативних показників зовнішнього освітлення.....	28
Додаток Б. Методика вимірювання світлотехнічних характеристик зовнішнього освітлення.....	55
5. Експлуатація зовнішнього освітлення.....	67
5.1 Основні фактори, що впливають на зниження параметрів освітлювальних установок.....	67
5.2 Екологічні вимоги і їх урахування.....	69
5.3 Коефіцієнт запасу (коефіцієнт експлуатації).....	70
5.4 Технічне обслуговування освітлювальних установок.....	71
5.5 Забезпечення екологічної безпеки.....	80
5.6 Економіка експлуатації.....	80
Додаток В. Основні експлуатаційні характеристики світлотехнічних виробів.....	82

Додаток Г. Охорона навколишнього середовища й газорозрядні лампи.	83
Додаток Д. Методика розрахунку коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки за рекомендаціями МКО.....	85
Додаток Е. Методи чищення світильників.....	88
Додаток Ж. Методика визначення оптимальних режимів обслуговування ОУ за рекомендаціями МКО.....	90
Додаток К. Методика розрахунку річних експлуатаційних витрат освітлювальної установки.....	92
Додаток Л. Методика визначення інтервалів моніторингу за рекомендаціями МКО.....	93
Список літератури.....	95

Частина II
Освітлення автотранспортних тунелів

Передмова.....	96
1. Область застосування	96
2. Нормативні посилання.....	96
3. Термінологія.....	97
4. Загальні положення.....	97
5. Нормовані показники	100
6. Керування освітленням.....	106
7. Системи освітлення й освітлювальні прилади.....	107
8. Аварійне освітлення.....	107
9. Рекомендації до будівельної частини тунелів.....	109
10. Електропостачання.....	110
11. Експлуатація.....	111
Додаток М. Терміни й визначення.....	112
Додаток Н. Особливості розрахунку й вимірювання яскравості в тунелях.....	116
Додаток П. Визначення яскравості адаптації.....	120

Передмова

Посібник містить норми "Штучне зовнішнє освітлення" розроблені в розвиток СНіП 23-05-95 з урахуванням міжнародних і національних норм та стандартів у галузі зовнішнього освітлення. Вони розповсюджуються на проектування та експлуатацію установок зовнішнього освітлення селітебних територій.

Метою розробки даних норм є підвищення безпеки руху транспорту й пішоходів, створення безпечних і комфортних умов для жителів, створення гарного зовнішнього вигляду сучасного міста. Впровадження норм слід розглядати як важливий крок на шляху переходу до загальноєвропейських стандартів зовнішнього освітлення EN 13201.

Посібник містить наступні частини, розділи й додатки:

Частина I. Освітлення селітебних територій.

Додаток А. Методика розрахунку нормативних показників зовнішнього освітлення.

Додаток Б. Методика вимірювання світлотехнічних характеристик зовнішнього освітлення.

Частина II. Штучне освітлення автотранспортних тунелів.

У частині I наведено визначення основних термінів, що використовуються у зовнішньому освітленні селітебних територій, введена класифікація освітлюваних міських просторів залежно від призначення, інтенсивності руху транспорту та інших параметрів, встановлено вимоги до нормованих показників освітлювальних установок, до проектування, розрахунку й експлуатації зовнішніх освітлювальних установок і виміру основних світлотехнічних параметрів. Специфічні питання проектування освітлення міських автотранспортних тунелів, включаючи термінологію, нормування, розрахунок, вимірювання та експлуатацію, винесені в частину II.

Частина I

Освітлення селітебних територій

1. Область застосування

1.1. Ці норми розроблені в розвиток СНіП 23-05-95 з урахуванням міжнародних і національних норм та стандартів в галузі зовнішнього освітлення, у тому числі загальноєвропейського стандарту зовнішнього освітлення EN 13201, і розповсюджуються на проектування й експлуатацію установок зовнішнього освітлення селітебних територій.

1.2. Положення цих норм обов'язкові для всіх організацій, незалежно від форми власності та організаційно-правового забезпечення, що здійснюють діяльність в галузі будівництва та експлуатації зовнішнього освітлення.

1.3. Ці норми не поширюються на проектування та експлуатацію архітектурного, вітринного, рекламного й охоронного зовнішнього освітлення, освітлювальних установок відкритих спортивних споруд і будівель.

2. Нормативні посилання

У посібнику використані посилання на наступні документи:

ДНАОП 0.00-1.32-01 ПУЭ. Электрооборудование специальных установок.

ГОСТ 21.607. Электроосвещение территорий.

СН 357-77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электро оборудования.

СН 174-75. Инструкция по проектированию электроснабжения.

СНиП 23-05-95. "Естественное и искусственное освещение".

СНиП 2.05.09-90. "Трамвайные и троллейбусные линии".

СНиП 2.07.01-89. "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений".

СНиП 32-04-97. Тоннели железнодорожные и автодорожные. – М.: Госстрой России, 1999.

СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. – М.: Госстрой России, 1986.

Європейські норми освітлення:

CEN/TR 13201-1. Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes.

EN 13201-2. Road lighting - Part 2: Performance requirements.

EN 13201-3. Road lighting - Part 3: Calculation of performance.

EN 13201-4. Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance.

Документи Міжнародної комісії з освітлення (МКО):

Publication: CIE 92 Technical Report. Guide to Lighting of Urban areas.

Publication: CIE 115-1995. "Recommendation for the lighting of roads for motor motor and pedestrian traffic". Vienna, 1995.

Publication: CIE 132-1999. "Design methods for road lighting". Vienna, 1999.

Publication: CIE 80-1990. "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses". Vienna, 1990.

Publication: CIE 136-2000. "Guide to the lighting of urban areas". Vienna, 2000.

Publication: CIE 154:2003. "The maintenance of outdoor lighting systems". Vienna, 2000.

Publication: CIE 140. "Road lighting calculations". Vienna, 2000.

3. Терміни. Класифікація

3.1. Терміни й визначення

3.1.1. Загальні поняття

Дорога – спеціально підготовлена поверхня, призначена тільки для руху транспорту.

Дорожнє покриття – покриття верхнього шару дороги:

- *гладкі асфальтобетонні покриття* – покриття зі зниженим вмістом щебеня (або без щебеня), що мають середню висоту виступаючих частин менш 0,5мм і коефіцієнт зчеплення менше 0,5;
- *шорсткуваті асфальтобетонні покриття* – покриття, що мають висоту виступаючих частин, яка рівна або перевищує 0,5мм і коефіцієнт зчеплення, рівний або перевищує 0,5;

- **шорсткуваті освітлені асфальтобетонні покриття** – шорсткуваті покриття, в яких не менше 33% суміші (за вагою) складає щебінь із проясненого кам'яного матеріалу природного (природний кварц, світлий високоміцний вапняк та ін.) або штучного (дорсил, синопал, люксовит та ін.);
- **покриття перехідного типу** – покриття ґрунто-асфальто-бетонні, щебеневі, гравійні й шлакові з поверхневою обробкою в'язкими матеріалами;
- **покриття найпростішого типу** – ґрунтові, поліпшені мінеральними матеріалами, гравійні, щебеневі й шлакові.

Конфліктна зона – ділянка, де потоки механізованого транспорту перетинаються один з одним або частково використовують ділянки, призначені в основному для іншого користувача.

Моніторинг – систематичне патрулювання для перевірки роботи й виявлення несправностей зовнішнього освітлення.

Навігаційне завдання – вибір для користувача дороги або смуги прямування на основі отриманої інформації.

Основний користувач – користувач, який становить більшість на розглянутій ділянці.

Перехрестя – ділянка, де дві або більше дороги з'єднуються або перетинаються в одному рівні.

Розв'язка – різнорівневе сполучення доріг з однією або більше рампами для руху між наскрізними магістралями.

Користувачі – всі учасники руху — автомобілісти, мотоциклісти, велосипедисти, пішоходи, гужовий транспорт.

Ризик криміналу – підвищена небезпека кримінальних ситуацій на розглянутій ділянці в порівнянні з іншими зонами.

Селітебна територія – територія, призначена для розміщення житлового фонду, громадських будівель і споруд, включаючи окремі комунальні й

промислові об'єкти, що не потребують влаштування санітарно-захисних зон, а також для устрою шляхів внутриміського сполучення, об'єктів озеленення та інших місць загального користування.

Швидкість руху основного користувача – середня швидкість руху користувача, визнаного основним для даної зони. Якщо користувачів декілька, основним вважається механізований транспорт.

Складність поля зору – наявність у полі зору користувача об'єктів, які заважають або дратують користувача, наприклад, оголошення, опори, освітлені будівлі, реклама, сигналізація.

Середньодобова інтенсивність руху – кількість машин, що проходять через ділянку дороги в обох напрямках за певний період часу.

Тип користувача – категорія людей або транспортних засобів, що є присутніми у транспортній зоні.

Тротуар – пішохідна частина вулиці, що прилягає до проїзної частини.

Вулиця – простір, повністю або частково обмежений будівлями з одного або обох боків, з проїзною частиною для транспорту, з пішохідними й велосипедними доріжками.

Утилітарне зовнішнє освітлення – освітлення, призначене тільки для забезпечення безпечного руху для водіїв механізованого транспорту й пішоходів.

Експлуатаційні значення показників – значення показників, що використовуються у проектах і враховують:

а) зниження світлового потоку ламп і відсоток виходу їх з ладу в процесі експлуатації;

б) зниження світлового потоку світильників у результаті забруднення і старіння оптичної системи.

3.1.2. Світлотехнічні поняття

Аварійне освітлення – освітлення, передбачене для евакуації людей і продовження або завершення робіт у разі виходу з ладу основної мережі живлення.

Вертикальна освітленість E_v , лк – освітленість на вертикальній площині.

Вечірнє освітлення – режим роботи утилітарного зовнішнього освітлення в темний час доби, при якому всі світильники освітлювальної установки працюють у номінальному режимі.

Горизонтальна освітленість E_z , лк – освітленість на горизонтальній площині.

Комплекс світловий – група світильників (два й більше) однакового призначення, встановлених на одній опорі.

Коефіцієнт живучості ламп LSF – частина повної кількості ламп, які продовжують працювати в даний момент за певних умов.

Коефіцієнт запасу K_z – розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження освітленості (яскравості) у процесі експлуатації.

Коефіцієнт забруднення світильника $K_{збр}$ – коефіцієнт, що визначає ступінь зниження світлового потоку світильника в результаті забруднення; залежить від забруднення атмосфери в місці його установки й періодичності чищення.

Коефіцієнт використання світильника за освітленістю η_E – відношення корисно використовуваної частини світлового потоку світильника, що впав на освітлювану поверхню, до світлового потоку лампи. Розрізняються значення коефіцієнта використання для проїзної частини й для тротуару.

Коефіцієнт зниження світлового потоку лампи LLMF – відношення світлового потоку лампи в заданий момент часу до первісного світлового потоку.

Коефіцієнт експлуатації світильника LMF – відношення ККД світильника у даний час до початкового значення.

Коефіцієнт експлуатації установки MF – розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження освітленості (яскравості) у процесі експлуатації внаслідок забруднення і старіння оптичної системи світильників і джерел світла. Величина, зворотна коефіцієнту запасу.

Мінімальна яскравість (освітленість) проїзної частини L_{min} (E_{min}), кд/м² (лк) – найменше значення яскравості (освітленості) на розглянутій ділянці проїзної частини.

Загальна рівномірність (яскравості або освітленості дорожнього покриття) U_0 – відношення мінімального значення величини яскравості (освітленості) до середнього.

Загальний індекс передачі кольору R_a – ступінь відповідності зорових сприйнятів колірної об'єкта, освітленого використовуваним і стандартним джерелами світла за певних умов спостереження.

Нічне освітлення – режим роботи зовнішнього освітлення в нічний час, при якому яскравість (освітленість) дорожнього покриття знижена в порівнянні з вечірнім режимом.

Показник засліпленості – критерій оцінки сліпучої дії освітлювальних приладів в установці.

Напівциліндрична освітленість (у точці) $E_{нпц}$, лк – характеристика насиченості світлом простору. Відношення $E_s/E_{нпц}$ використовується для оцінки тінеутворюючих властивостей освітлення.

Пороговий приріст ПІ – міра оцінки сліпучої дії освітлювальних приладів в установці.

Поздовжня рівномірність розподілу яскравості U_I – відношення мінімальної яскравості покриття до максимальної уздовж осі руху.

Середня освітленість $E_{сер}$, лк – освітленість, середньозважена за площею.

Середня яскравість дорожнього покриття $L_{сер}$, кд/м² – середньозважена по проїзній частині яскравість сухого дорожнього покриття в напрямку ока спостерігача, що знаходиться на осі смуги руху транспорту.

Колірна температура T_K , К – температура чорного тіла, при якій його випромінювання має ту ж кольоровість, що й випромінювання розглянутого об'єкта.

Передача кольору – загальне поняття, що характеризує вплив спектрального складу випромінювання джерела світла на зорове сприйняття кольорових об'єктів, порівнюване зі сприйняттям тих же об'єктів, освітлених еталонним джерелом світла.

Крок світильників, м – відстань між ліхтарями або окремими світильниками в одному ряді по лінії їхнього розташування уздовж вулиці.

Яскравість вуаюючої завіси L_v , (кд/м²) - кількісний критерій для оцінки фізіологічної сліпучості. Світлове випромінювання, що розсіюється в очних середовищах, накладається на зовнішню яскравість поля зору й обумовлює зниження контрасту.

3.2. Класифікація об'єктів

3.2.1. Для забезпечення більш точного вибору рівнів освітлення прийнята класифікація об'єктів міських просторів, наведена в табл. 3.2.1-3.2.3.

3.2.2. Вулиці й дороги класифікують за їхньою значущістю в міському середовищі й інтенсивністю руху транспорту. Клас вулиці визначається за значущістю вулиці, а підклас - за інтенсивністю руху. Позначення класів і підкласів вулиць, доріг і площ наведені в табл. 3.2.1.

3.2.3. Пішохідні простори відносяться до класу П.

3.2.4. Види конкретних пішохідних просторів відповідно до класифікації наведені в табл.3.2.2.

3.2.5. Підклас пішохідних просторів визначається відповідно до табл. 3.2.3 залежно від складності поля зору, складності зорової орієнтації, наявності в полі зору інших користувачів, підвищеного ризику кримінальних ситуацій, а також від необхідності розрізнення осіб і створення привабливого виду освітлювальної установки.

3.2.6. Дана класифікація не поширюється на площадки для тихого й культурно-масового відпочинку, а також на підземний і надземні пішохідні переходи.

Таблиця 3.2.1 - Класифікація вулиць, доріг і площ з регулярним рухом транспорту

Клас об'єкта	Категорії вулиць, доріг і площ	Підклас об'єкта	Найбільша інтенсивність руху транспорту в обох напрямках, од. /год.
А	Магістральні дороги, магістральні вулиці, площі загальноміського значення	А1	Св. 10000
		А2	Від 3000 до 10000
		А3	Від.1000 до 3000
		А4	Менш 1000
Б	Магістральні вулиці й площі районного значення	Б1	Св. 2000
		Б2	Від.1000 до 2000
		Б3	Від 500 до 1000
		Б4	Менш 500
В	Вулиці, дороги й площі місцевого значення	В1	500 і більше
		В2	менш 500

Таблиця 3.2.2 - Класи й підкласи пішохідних просторів

Підклас	Найменування об'єкта
П1	Площадки перед головними входами виставок і стадіонів, входами в гіпер- і супермаркети, виставкові павільйони й на відкриті естради на територіях виставок, території вокзалів й аеропортів.
П2	Головні пішохідні вулиці історичної частини міста й основних громадських центрів адміністративних округів, непроїзні частини площ, передзаводські площі, посадкові площадки громадського транспорту, відкриті пішохідні містки, під'їзні колії до автозаправок з вулиць і доріг категорій А и Б і території автозаправок.
П3	Пішохідні вулиці, головні входи на території загальноміських парків, санаторіїв, допоміжні входи й бічні алеї виставок, допоміжні входи й центральні алеї стадіонів, під'їзні колії до автозаправок з вулиць категорій В.
П4	Тротуари, відділені від проїзної частини; основні проїзди на території мікрорайонів, під'їзди й підходи до корпусів, площадкам, їдальням дитячих садків-ясел, шкіл, навчальних закладів, санаторіїв і будинків відпочинку, центральні алеї територій санаторіїв і будинків відпочинку, території поліклінік, лікарень.
П5	Другорядні проїзди на територіях мікрорайонів, у тому числі тротуари-під'їзди, господарські площадки й площадки при сміттєзбиральниках, допоміжні входи й бокові алеї загальноміських парків, центральні алеї садів адміністративних округів, проїзди між гаражами, тимчасові автостоянки.
П6	Бокові алеї й допоміжні входи садів, адміністративних округів.

Таблиця 3.2.3 - Підкласи пішохідних просторів

Складність поля зору, складність орієнтації	Наявність інших користувачів стосовно основного	Підвищений ризик кримінальних ситуацій	Необхідність розрізнення осіб	Необхідність привабливого зовнішнього вигляду	Підклас	
Так	Так	Так	Так	Так	П1	
			Немає	Немає	П2	
			Так	Так	П2	
			Немає	Немає	П3	
		Немає	Так	Так	П2	
			Немає	Немає	П3	
			Так	Так	П3	
			Немає	Немає	П4	
	Немає	Так	Так	Так	Так	П2
			Немає	Немає	Немає	П3
			Так	Так	Так	П3
			Немає	Немає	Немає	П4
		Немає	Так	Так	Так	П3
			Немає	Немає	Немає	П4
			Так	Так	Так	П4
			Немає	Немає	Немає	П5
Немає	Так	Так	Так	Так	П2	
			Немає	Немає	П3	
			Так	Так	П3	
			Немає	Немає	П4	
		Немає	Так	Так	Так	П3
			Немає	Немає	Немає	П4
			Так	Так	Так	П4
			Немає	Немає	Немає	П5
	Немає	Так	Так	Так	Так	П3
			Немає	Немає	Немає	П4
			Так	Так	Так	П4
			Немає	Немає	Немає	П5
		Немає	Так	Так	Так	П4
			Немає	Немає	Немає	П5
			Так	Так	Так	П5
			Немає	Немає	Немає	П6

4. Нормування освітлення міських територій

4.1. Освітлення вулиць, доріг і площ

4.1.1. Освітлення проїзної частини вулиць і доріг з прямолінійною геометрією з регулярним транспортним рухом слід проектувати, виходячи з норми середньої яскравості удосконалених дорожніх покриттів згідно з табл. 4.1.1.

Рівень освітлення проїзної частини вулиць і доріг з непрямолінійною геометрією (площі, розв'язки, закруглення й т.д.), а також з перехідними й нижчими типами покриттів регламентується величиною середньої горизонтальної освітленості.

Таблиця 4.1.1 - Нормовані показники для вулиць і доріг з асфальтобетонним покриттям із регулярним транспортним рухом

Клас об'єкта		Середня яскравість покриття, $L_{сер}$, кд/м ² , не менше	$L_{мін}/L_{сер}$, U_0 , не менше	$L_{мін}/L_{макс}$, U_1 , по смузі руху, не менше	Середня горизонтальна освітленість, $E_{сер}$, лк, не менше
Клас	Підклас				
А	А1	2,0	0,4	0,7	25
	А2	1,6	0,4	0,7	20
	А3	1,2	0,4	0,7	20
	А4	0,8	0,4	0,6	15
Б	Б1	1,0	0,4	0,6	15
	Б2	0,8	0,4	0,6	15
	Б3	0,6	0,4	0,6	10
	Б4	0,4	0,35	0,5	10
В	В1	0,4	0,35	0,4	6
	В2	0,4	0,35	0,4	4

4.1.2. Кількісні і якісні показники освітлювальних установок для вулиць, доріг і площ приймають за табл. 4.1.1.

4.1.3. Середню яскравість покриття швидкісних доріг незалежно від інтенсивності руху транспорту приймають не менше $2,0 \text{ кд/м}^2$ у межах міста і $1,6 \text{ кд/м}^2$ поза містом на під'їздах до основних аеропортів й у пунктах контролю на платних автодорогах.

4.1.4. Середня яскравість або середня освітленість покриття проїзної частини в границях транспортного перетинання у двох і більше рівнях на всіх пересічних магістралях повинна бути як на основній з них, а на з'їздах і відгалуженнях у межах міста – не менше $0,8 \text{ кд/м}^2$ або 10 лк.

4.1.5. Норми освітлення дозволяється збільшувати за узгодженням з адміністрацією міста на $0,2-0,4 \text{ кд/м}^2$ для освітлювальних установок вулиць, доріг і площ класів А і Б з асфальтобетонними покриттями й поза містом на під'їздах до основних аеропортів, вокзалів, гіпер- і супермаркетів.

4.1.6. Середня освітленість покриттів тротуарів, що примикають до проїзної частини вулиць, доріг і площ, повинна бути не менш половини середньої освітленості покриття проїзної частини цих вулиць, доріг і площ (табл. 4.1.1).

4.1.7. На вулицях і дорогах при нормуванні яскравості дорожнього покриття показник засліпленості освітлювальної установки не повинен перевищувати 150.

На ділянках вулиць і доріг, для яких нормується освітленість, потрібно обмежувати силу світла світильників в установці по лінії зору водія наступними значеннями: при куті 80° від вертикалі - не більше 30 кд на 1000 лм, при куті 90° - не більше 10 кд на 1000 лм.

Прийнята в зарубіжних стандартах для регламентації сліпучої дії величина порогового приросту ТІ не повинна перевищувати значень, наведених у табл. 4.1.2, що відповідає вимогам п. 4.1.7.

Таблиця 4.1.2 - Нормовані значення ТІ залежно від рівня яскравості дорожнього покриття

Рівень яскравості дорожнього покриття, кд/м ²	Пороговий приріст, ТІ, %, не більше
1,2 – 2,0	10
0,4 – 0,8	15

4.1.8. Для компенсації спаду рівня освітлення у процесі експлуатації при проектуванні освітлювальних установок слід вводити коефіцієнт запасу, значення якого повинні бути диференційовані залежно від конструктивно-світлотехнічної схеми світильника й застосовуваного джерела світла (див. табл. 4.1.3) при числі чищень у рік, рівному 2 (див. розділ 5).

Таблиця 4.1.3 - Значення коефіцієнта запасу залежно від ступеня захисту освітлювального приладу від впливу навколишнього середовища

Тип джерела світла	Ступінь захисту світильника	Значення коефіцієнта запасу
НЛВТ	23	1,5
	53 і більше	1,4
Інші РЛ	23	1,6
	53 і більше	1,5
Лампи розжарювання	1,4	

Примітка. У рекомендаціях і Стандартах МКО введений коефіцієнт експлуатації - величина зворотна коефіцієнту запасу. Значення коефіцієнта експлуатації не регламентуються; вони повинні розраховуватися за окремою методикою і разом з програмою обслуговування відображатися у проекті освітлювальної установки (додаток Д).

4.1.9. Для забезпечення зорової орієнтації водіїв і пішоходів світильники треба розташовувати таким чином, щоб утворена ними лінія ясно й однозначно вказувала напрямок дороги.

4.1.10. Не допускається в нічний час часткове відключення світильників при однорядному їхньому розташуванні й установці по одному світильнику на опорі.

4.1.11. Норма освітлення трамвайних шляхів, розташованих на проїзній частині вулиць, повинна відповідати нормі освітлення вулиці відповідно до табл. 4.1.1. Середня горизонтальна освітленість відособленого трамвайного шляху повинна бути не менше 6 лк.

4.1.12. Висота розміщення світлових приладів на вулицях і площах із трамвайним і тролейбусним рухом повинна прийматися відповідно до СНІП 2.05.09.

4.1.13. Мінімальна висота установки світильників у парапетах шляхопроводів, мостів та інших об'єктів не обмежується за умови забезпечення захисного кута в поздовжній площині не менше 100 і виключення можливості доступу до ламп і пускорегулюючих апаратів без застосування спеціального інструмента.

4.1.14. На території автозаправних станцій і автостоянок, що прилягають до вулиць і доріг з транспортним рухом, світильники розсіяного світла повинні встановлюватися на висоті не менше 3м при світловому потоці ламп до 6000 лм. Для освітлення зазначених об'єктів не допускається застосування прожекторів, розташованих на дахах і навісах і спрямованих в бік вулиці або дороги.

4.1.15. При використанні для освітлення великих площ і транспортних розв'язок, у тому числі в декількох рівнях, опор висотою 20 м і більше, встановлювані на них світлові прилади повинні забезпечувати максимум сили світла під кутом не більше 65° від вертикалі, при цьому сила світла під кутами 80°, 85°, 90° у робочому положенні не повинна перевищувати відповідно 50, 30 й 10 кд на 1000 лм світлового потоку ламп. Висота розташування світильників над дорожнім покриттям проїзної частини верхнього рівня транспортного перетинання має бути не менше 10 м.

4.1.16. Для освітлення місць проведення ремонтних робіт міських підземних інженерних мереж, пов'язаних з розкопуваннями, обгородженням і установкою сигнальних вогнів на вулицях і дорогах, допускається додатково використовувати тимчасові пересувні освітлювальні установки, в тому числі світлові прилади прожекторного типу. При цьому повинні бути вжиті заходи щодо виключення осліплення водіїв, а також обмеження засвічування вікон житлових і лікувальних будівель, відповідно до п. 4.4.3 даних норм.

4.1.17. В установках зовнішнього освітлення варто використовувати прилади з енергоекономічними джерелами світла, такими як натрієві лампи високого тиску, металогалогенні лампи, розрядні лампи низького тиску (натрієвого, люмінесцентні типу T5, компактні люмінесцентні).

В установках з утрудненим доступом для обслуговування світильників доцільно застосовувати безелектродні розрядні лампи, які мають термін служби не менше 50 тис. годин.

Основні характеристики ламп наведені в Додатку В розділу 5 цього посібника.

4.1.18. При проектуванні установок зовнішнього освітлення особливу увагу слід приділяти оптимізації вибору й розміщенню освітлювальних приладів з найбільш повним врахуванням їхнього світлорозподілу. Критерієм оптимізації проектного рішення є енергоекономічність - мінімум потужності освітлювальної установки при забезпеченні нормованих кількісних й якісних показників.

4.1.19. При розміщенні світильників необхідно враховувати можливість зручного під'їзду для монтажу й експлуатації.

4.2. Освітлення пішохідних просторів

4.2.1. Освітлення пішохідних просторів слід проектувати виходячи з норми середньої горизонтальної освітленості згідно з табл. 4.2.1.

4.2.2. Кількісні і якісні показники для пішохідних просторів слід приймати відповідно до табл. 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 - Нормовані показники для пішохідних просторів

Клас	Підклас	Середня горизонтальна освітленість, $E_{сер}$, лк	Відношення середньої освітленості до максимальної, $E_{сер}/E_{макс}$
П	П1	20	1:3
	П2	10	1:3
	П3	6	1:5
	П4	4	1:5
	П5	2	1:10
	П6	1	1:10

4.2.3. Для пішохідних просторів підкласу П2 додатково нормується мінімальна напівциліндрична освітленість, $E_{нцц}$, рівна 6 лк.

4.2.4. Над кожним входом у будівлю або поруч з ним повинні бути встановлені світильники, що забезпечують рівні середньої горизонтальної освітленості не менше:

- на площадці основного входу - 6 лк;
- запасного або технічного входу - 4 лк;
- на пішохідній доріжці біля основного входу в будівлю - 4 лк;
- біля запасного або технічного входу - 2 лк.

4.2.5. На території відкритих ринків і торговельних ярмарків, на площадках перед виставочними комплексами, гіпер- і супермаркетами середня горизонтальна освітленість площадок, проїздів, проходів між рядами павільйонів, наметів, контейнерів та ін. має бути не менше 10 лк незалежно від їхньої категорії і займаної площі.

Допускається збільшення освітленості до 30 лк для найбільш великих і значущих об'єктів.

Відношення вертикальної освітленості до горизонтальної повинне бути не менше 1:2. При цьому вертикальна освітленість визначається в поперечній площині до осі проїзду на висоті 1,5 м, горизонтальна освітленість - на рівні покриття.

Після закриття ринку або торговельного ярмарку допускається знижувати рівень середньої горизонтальної освітленості до 4 лк. При цьому мінімальна освітленість не повинна бути менше 2 лк.

4.2.6. Середня горизонтальна освітленість площадок для глядачів естрад, які споруджують тимчасово, на період проведення святкових заходів повинна бути не нижче 20 лк.

4.2.7. У проектах зовнішнього освітлення треба передбачати освітлення під'їздів до протипожежних вододжерел, якщо вони розташовані на неосвітлених частинах проїздів. Середня горизонтальна освітленість цих під'їздів повинна бути не нижче 2 лк.

4.2.8. Щоб уникнути появи темних ділянок пішохідних зон (клас П) $E_{\min}/E_{\text{сеп}}$ не повинне бути більше 1:4.

Освітлення пішохідних переходів

4.2.9. Освітлення наземних пішохідних переходів повинне забезпечувати людям безпечне перетинання проїзної частини й можливість бачити перешкоди й дефекти дорожнього покриття. Вимоги до освітлення наземних пішохідних переходів наведені в табл. 4.2.1.

4.2.10. При виділенні пішохідних переходів маячками або спеціальними світловими знаками на кожній стороні й на центральному островці їх треба встановлювати на висоті 2-3 м над проїзною частиною.

Яскравість цих приладів повинна бути не менше 300 кд/м². Припустима частота миготіння 40-60 спалахів у хвилину. Для попередження як водіїв, так і пішохідів рекомендується використовувати в зоні переходу контрастне за кольорами освітлення.

Таблиця 4.2.2 - Нормовані значення освітленості для наземних пішохідних переходів

	$E_{z,сер}$, не менше	$E_{z,мін}$, не менше
Комерційні й промислові зони	30 лк	15 лк
Житлові зони	20 лк	6 лк

4.2.11. Значення середньої горизонтальної освітленості для підземних і надземних пішохідних переходів наведені в табл. 4.2.3.

4.2.12. У підземних пішохідних переходах повинні використовуватися світильники із захисним кутом не менше 15° або з дифузійними розсіювачами.

Таблиця 4.2.3 - Значення середньої горизонтальної освітленості для підземних і надземних пішохідних переходів

Об'єкт	Середня горизонтальна освітленість, лк
Підземні пішохідні тунелі	75
Сходи підземних пішохідних тунелів увечері й вночі	20
Закриті пішохідні мостові переходи із прозорими стінами й стелею, увечері й вночі	75
Сходові сходи й оглядові площадки закритих пішохідних мостових переходів з прозорими стінами або зашкеленими стіновими прорізами	50

4.3. Освітлення просторів на територіях промислових підприємств

4.3.1. Освітлення автомобільних доріг, які є продовженням міських вулиць і мають аналогічні покриття проїзної частини й інтенсивність руху транспорту, слід проектувати походячи з норми середньої яскравості покриттів проїзної

частини за табл.4.1. Для інших доріг і проїздів варто виходити з норм середньої горизонтальної освітленості відповідно до табл.4.3.1.

4.3.2. Сліпуча дія установок регламентується відповідно до п. 4.1.7.

4.3.3. Зовнішнє освітлення повинне мати керування, незалежне від керування освітленням усередині будівель. Включення освітлення може провадитися з будівлі.

4.3.4. Там, де вулиці й дороги в промислових зонах використовуються тільки в короткі проміжки часу вночі, наприклад, при змінній роботі, для зниження яскравості або освітленості дорожнього покриття після інтенсивності руху припустимо застосовувати 2-х лампові світильники з відключенням однієї з них або автоматичні регулятори світлового потоку ламп.

4.4. Освітлення просторів на територіях житлових районів

4.4.1. Для будинків, розташованих на магістралі будь-якої значущості, світлотехнічні вимоги визначаються, насамперед за інтенсивністю руху транспорту по цих магістралях відповідно до табл. 4.1.1, але з урахуванням вимог пішоходів (див. табл.4.2.1).

4.4.2. У житлових кварталах треба враховувати, що пристрої зовнішнього освітлення повинні естетично сполучатися з навколишніми архітектурними рішеннями. Це стосується форми й пропорцій світильників, кронштейнів й опор, висоти установки освітлювальних приладів.

4.4.3. На вулицях категорій А і Б зовнішнє освітлення всіх видів не повинне створювати на вікнах житлових будинків вертикальну освітленість, більшу за:

- 7 лк при нормі середньої яскравості проїзної частини 0,4 кд/м²;
- 10 лк при нормі 0,6 - 1,0 кд/м²;
- 20 лк при нормі 1,2 - 2,0 кд/м².

Таблиця 4.3.1 - Нормовані значення середньої горизонтальної освітленості на територіях промислових підприємств

Освітлювані об'єкти	Найбільша інтенсивність руху в обох напрямках, од./год.	Середня горизонтальна освітленість E_2 , лк, не менше
Внутрішньозаводські дороги	Менше 200	10
Проїзди	Понад 50 до 100	3
	Від 10 до 50	2
	Менше 10	1
Пішохідні проїзди, дороги для господарських потреб		1
Пішохідні й велосипедні доріжки	Понад 100	2
	До 100	1
Щаблі й площадки сходів і перехідних містків		4
Пішохідні доріжки на площадках й у скверах		1
Передзаводські ділянки, що не належать території міста (площадки перед будівлями, під'їзди й підходи до будівель, стоянки транспорту)		2
Залізничні колії		
– стрілочні горловини – окремі стрілочні переходи – залізничне полотно		2
		1
		1
Переходи й переїзди		6

На вулицях категорії В, на пішохідних вулицях поза громадським центром, на внутрішньодвірських територіях, а також на будь-яких вулицях, що прилягають до спальних корпусів лікарень і лікувально-курортних установ,

вертикальна освітленість на вікнах квартир житлових будинків і палат спальних корпусів не повинна перевищувати 5 лк.

4.4.4. Для забезпечення сучасного дизайну вулиць необхідно приділяти увагу архітектурним рішенням елементів установки. Припустимо використовувати опори зовнішнього освітлення для установки транспортних знаків, табличок з найменуваннями вулиць, урн, квіткових горщиків.

4.4.5. Слід передбачати, щоб зелені насадження в майбутньому в міру їхнього зростання не екранували світловий потік світильників (див. розділ 5).

4.4.6. З огляду на необхідність обмеження засвічування вікон, варто застосовувати світильники з обмеженими значеннями сили світла в напрямку вікон або світильники з екрануючими ґратами.

4.4.7. При наявності зелених насаджень допускається для підсвічування крон застосовувати освітлювальні прилади, що випромінюють частину світлового потоку у верхню напівсферу.

4.4.8. У житлових мікрорайонах можливе використання настінних світильників або поздовжно-підвісної системи. Це забезпечує свободу руху пішоходам і водіям, а також зниження капітальних витрат.

4.4.9. Для підвищення привабливості житлової зони рекомендується варіювати як рівень освітлення, так і його кольоровість.

4.4.10. При обладнанні житлових зон світними дорожніми знаками й показниками треба контролювати їхню яскравість для запобігання зниженню гостроти зору водіїв і зменшенню загального естетичного враження. Максимально припустимі значення яскравості знаків і вказівників наведені в табл. 4.4.1.

Таблиця 4.4.1 - Максимально припустимі яскравості знаків і показників

Світна площа, не більше, м ²	Яскравість, кд/м ²
0,5	1000
2	800
10	600
Більше 10	400

Методика розрахунку нормативних показників зовнішнього освітлення

Цей додаток визначає єдині вимоги до обчислювальних процедур при розрахунку значень нормативних показників, використаних при проектуванні установок утилітарного зовнішнього освітлення. Комп'ютерні програми, що використовуються для розрахунку нормативних показників зовнішнього освітлення, повинні базуватися на положеннях цієї методики розрахунку.

Документ розроблений на основі Європейського стандарту EN 13201-3:2003 Європейського комітету зі стандартизації (СЕ) і Рекомендацій СІЕ 140:2000 Міжнародної комісії з освітлення (МКО).

У додатку використані посилання на наступні нормативні документи:

- EN 13201-3:2003. Road lighting — Part 3: Calculation of performance;
- ГОСТ 16703-79. Приборы и комплексы световые. Термины и определения;
- ГОСТ 26824-86. Здания и сооружения. Методы измерения яркости.

1. Позначення і термінологія

У даному додатку прийняті такі позначення:

ОП - освітлювальний прилад;

ДС - джерело світла;

КСС - крива сили світла;

ТСС - таблиця сили світла;

ТКЯ - таблиця (редукованих) коефіцієнтів яскравості;

ДП - дорожнє покриття.

Наведені нижче терміни і визначення базуються на термінології стандартів EN 13201-3:2003 і ГОСТ 16703-79.

Система фотометрирування ОП – форма представлення світлорозподілу ОП у вигляді сімейства КСС, що утворюються при перетині фотометричного

тіла ОП набором площин (точніше, напівплощин), що мають загальну лінію - вісь обертання цих площин, яка проходить через світловий центр ОП.

Примітка. Існують три основних фотометричних системи: $A-\alpha$, $B-\beta$ і $C-\gamma$. У даному Додатку використовується тільки система $C-\gamma$ як найбільш характерна для ОП, застосовуваних в установках утилітарного зовнішнього освітлення. Раніше в діючих стандартах використовувалася система $a-b$.

Система $C-\gamma$ — система фотометризування ОП, в якій вісь обертання сімейства площин сполучена з оптичною віссю ОП (рис. 1). Довільно обраний промінь, що виходить із світлового центра ОП, сполученого із центром системи, визначається азимутальним кутом C і полярним кутом γ .

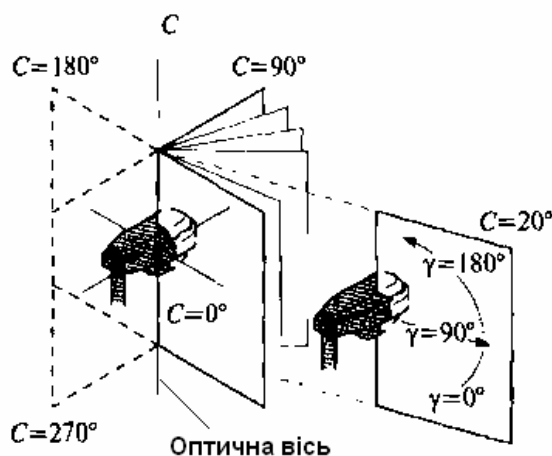


Рис.1 - Система фотометризування $C-\gamma$

Азимутальний кут C — кут між площиною, що містить довільно обраний промінь, і площиною C_0 , прийнятою за початок відліку ($C=0$).

Полярний кут γ — кут між довільно обраним променем і позитивним напрямком (надіром) оптичної осі ОП ($\gamma=0$).

Примітка. Орієнтація ОП у системі $C-\gamma$ така, що для неосьосиметричних ОП (фотометричне тіло яких не є тілом обертання) головні поперечна й поздовжня площини ОП збігаються із площинами C_0-C_{180} і $C_{90}-C_{270}$ відповідно. У вуличних консольних світильників площина $C = 270^\circ$ проходить через кронштейн. У прожекторів при наявності ліри площина $C = 180^\circ$ перетинає ліру в положенні фотометризування. Координатні кути в цій системі змінюються в діапазонах: $C = [0^\circ \div 360^\circ]$, $\gamma = [0^\circ \div 180^\circ]$.

Спостерігач — водій транспортного засобу або пішохід, щодо якого проводиться розрахунок необхідного параметра.

Яскравість ДП — яскравість ДП у розрахунковій точці в напрямку спостерігача, який знаходиться в стандартних умовах спостереження.

Стандартні умови спостереження (при розрахунку яскравості) — око спостерігача розташоване на висоті 1,5 м над рівнем ДП і віддалене від розрахункової точки на відстань, при якій лінія зору спостерігача спрямована в розрахункову точку під кутом $1^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ до площини полотна дороги.

Коефіцієнт яскравості ДП — відношення яскравості ДП у розрахунковій точці, обумовленої променем світла, який падає в цю точку, до освітленості ДП, створеної цим же променем у тій же розрахунковій точці.

Редукований коефіцієнт яскравості — коефіцієнт яскравості ДП, помножений на куб косинуса кута падіння променю світла.

Освітленість ДП — освітленість у розрахунковій точці на рівні ДП.

Таблиця сили світла (ТСС) — прямокутна таблиця значень сили світла ОП у канделах, наведених до сумарного світлового потоку ДС в ОП, рівному 1000 лм, залежно від полярного й азимутального кутів у системі фотометрирування $C-\gamma$.

Таблиця коефіцієнтів яскравості (ТКЯ) — уніфікована таблиця редукованих коефіцієнтів яскравості ДП, помножених на множник 10^4 , залежно від тангенса кута падіння променя світла й кута відхилення площини падіння від площини спостереження.

Розрахункова точка — точка на реальній поверхні або умовній площині, в якій розраховується необхідний параметр (яскравість, освітленість).

Розрахункова сітка — прямокутна сітка, у вузлах якої розташовані розрахункові точки.

Розрахункове поле — ділянка дорожнього полотна або пішохідного простору, на якій визначена розрахункова сітка й відносно якої при розрахунку яскравості ДП визначене положення спостерігача.

Поле врахованих ОП — врахована при розрахунку необхідного параметра (яскравості, освітленості) в розрахунковій точці сукупність ОП, розташовуваних у регламентованій області дороги або пішохідного простору (в плані) відносно цієї розрахункової точки.

Середня яскравість — середнє по вузлах розрахункової сітки значення яскравості ДП для спостерігача при стандартних умовах спостереження.

Середня освітленість — середнє по вузлах розрахункової сітки значення освітленості ДП.

Загальна рівномірність — відношення найменшого значення розрахункового параметра (яскравості, освітленості), визначеного у вузлах розрахункової сітки всього розрахункового поля, до середнього значення цього параметра. При розрахунку за яскравістю розраховується для спостерігача при стандартних умовах спостереження.

Поздовжня рівномірність — відношення найменшого значення розрахункового параметра (застосовується тільки до яскравості) до найбільшого, визначених у розрахункових точках уздовж осьової лінії смуги руху, на якій розташований спостерігач при стандартних умовах спостереження.

Пороговий приріст (ТІ) — нормований параметр, що регламентує сліпучу дію ОП на водія при освітленні ділянок доріг зі стандартною геометрією.

Ділянка зі стандартною геометрією – ділянка автомобільної дороги, проїзна частина якої має прямолінійне (у плані й профілі) полотно довжиною, обумовленою умовами побудови розрахункового поля для розрахунку яскравості. Для таких ділянок розрахунок освітлення ведуть за яскравістю.

Ділянка з нестандартною геометрією — ділянка автомобільної дороги, що має відхилення від стандартної геометрії, наприклад, повороти, розвилки, в'їзди та з'їзди з естакад, криволінійні (у плані й профілі) ділянки та ін. При виконанні стандартних умов спостереження розрахунок освітлення таких ділянок ведуть за яскравістю, у противному разі - по освітленості.

2. Прийнятті допущення

У методиці розрахунку світлотехнічних параметрів прийнятті наступні допущення:

- ОП розглядаються як точкові випромінювачі, світлорозподіл яких описується розподілом сили світла в просторі;
- відбиття світла від навколишніх об'єктів (дерев, фасадів будівель і т.п.), а також пряме світло від об'єктів, що світять (вікон будівель, рекламних щитів та ін.), не враховуються;
- затінення прямого світла ОП деревами та іншими об'єктами не враховується;
- атмосферне поглинання і розсіювання світла не враховується.

3. Вихідні фотометричні дані

3.1. Загальні положення

Вихідними фотометричними даними є дані про світлорозподіл, використовуваний при розрахунку ОП, а при розрахунку за яскравістю - й дані про відбиваючі властивості ДП. Ці дані представляють у вигляді уніфікованих таблиць сил світла (ТСС) і таблиць коефіцієнтів яскравості (ТКЯ) відповідно.

У даному розділі викладені вимоги до формування і інтерполяції цих таблиць.

3.2. Фотометрія ОП

3.2.1 Формування ТСС

Для формування ТСС використовують систему $C-\gamma$. ТСС представляють у вигляді прямокутної таблиці значень сили світла ОП, виражених у канделах, приведених до сумарного світлового потоку ДС в ОП, рівного 1000 лм, [кд/клм]. У лівому стовпці (зверху вниз) і у верхньому рядку (ліворуч праворуч) ТСС відповідно записуються n значень полярного кута γ і m -значень азимутального кута C у градусах у зростаючому порядку.

Інтервали між сусідніми значеннями кутів C або γ можуть бути неоднаковими. Максимальні інтервали для кутів C і γ не повинні перевищувати відповідно 10° і 5° у всьому діапазоні їхньої зміни.

Діапазон зміни кутів C (табл. 1) і γ (табл. 2) визначають залежно від симетрії світлорозподілу ОП.

Таблиця 1 - Діапазон зміни азимутальних кутів C у ТСС

Вид симетрії світлорозподілу ОП	Діапазон C , град
Осьова (відносно оптичної осі)	0 (одне значення)
Відносно головних поздовжньої і поперечної площин	0-90
Відносно головної поздовжньої площини	90-270
Відсутність симетрії	0-360

Таблиця 2 - Діапазон зміни полярних кутів γ у ТСС

Область випромінювання ОП	Діапазон γ , град.
Тільки в нижню напівсферу	0-90
Тільки у верхню напівсферу	90-180
У повну сферу: - симетрія відносно екваторіальної площини ($\gamma=90^\circ$)	0-90
- відсутність симетрії	0-180

3.2.2. Інтерполяція ТСС

Значення сили світла $I(C, \gamma)$ в напрямках, що не співпадають з вузловими значеннями кутів ТСС, визначають шляхом інтерполяції табличних значень сили світла $I(C_i, \gamma_j)$. Для інтервалів кутів, що задовольняють вимогам п. 3.2.1, використовується лінійна інтерполяція, в протилежному разі - квадратична.

Для розрахунку значення сили світла в напрямку, обумовленому кутами C і γ , що лежать в інтервалах відповідних табличних значень (рис. 2),

$$C_i \leq C \leq C_{i+1}, i = 1, 2 \dots m-1, \quad (1)$$

$$\gamma_j \leq \gamma \leq \gamma_{j+1}, j = 1, 2 \dots n-1 \quad (2)$$

використовують наступні формули:

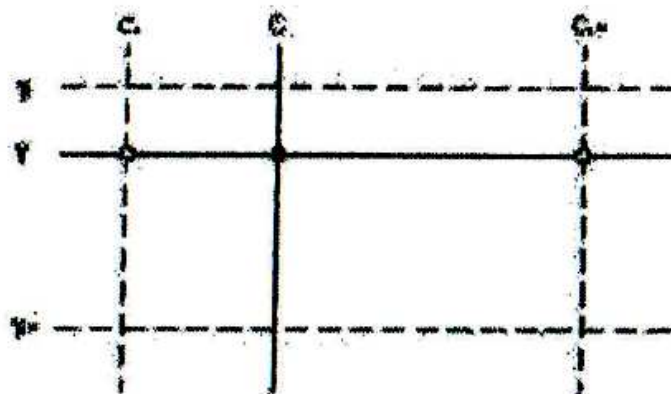


Рис. 2 - Вибір вузлів сітки при лінійній інтерполяції

а) лінійна інтерполяція

$$I(C, \gamma) = I(C, \gamma_j) - K_\gamma [I(C, \gamma_j) - I(C, \gamma_{j+1})], \quad (3)$$

де

$$K_\gamma = \frac{\gamma_j - \gamma}{\gamma_j - \gamma_{j+1}} \quad (4)$$

$$I(C, \gamma_j) = I(C_i, \gamma_j) - K_c [I(C_i, \gamma_j) - I(C_{i+1}, \gamma_j)], \quad (5)$$

$$I(C, \gamma_{j+1}) = I(C_i, \gamma_{j+1}) - K_c [I(C_i, \gamma_{j+1}) - I(C_{i+1}, \gamma_{j+1})], \quad (6)$$

де

$$K_c = \frac{C_i - C}{C_i - C_{i+1}} \quad (7)$$

б) квадратична інтерполяція

Попередньо по кожному аргументу C і γ визначають три вузли (рис. 3).

Для кута C спочатку розраховують середній кут –

$$C_{сер} = \frac{C_i + C_{i+1}}{2} \quad (8)$$

який потім рівняють із заданим кутом C :

якщо $C < C_{сер}$, то $x_1 = C_{i-1}$, $x_2 = C_i$, $x_3 = C_{i+1}$,

якщо $C \geq C_{сер}$, то $x_1 = C_i$, $x_2 = C_{i+1}$, $x_3 = C_{i+2}$.

Аналогічно визначають три вузли y_1 , y_2 і y_3 для заданого кута γ .

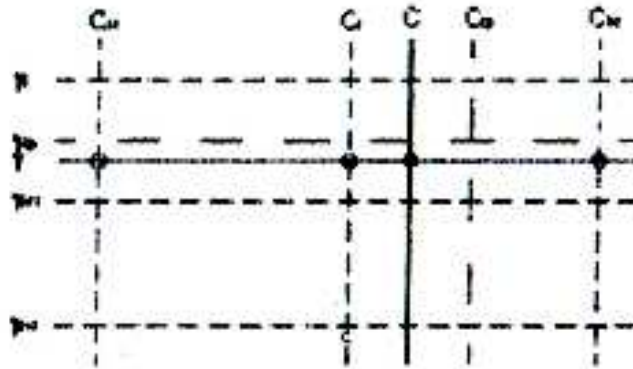


Рис. 3 - Вибір вузлів сітки при квадратичній інтерполяції
Випадок: $C < C_{сер}$, $\gamma > \gamma_{сер}$

Для розрахунку шуканого значення сили світла $I(C, \gamma)$ використовують наступний вираз, де $x = C$ і $y = \gamma$:

$$I(x, y) = K_{y1}I(x, y_1) + K_{y2}I(x, y_2) + K_{y3}I(x, y_3), \quad (9)$$

де

$$K_{y1} = \frac{(y - y_2)(y - y_3)}{(y_1 - y_2)(y_1 - y_3)}, \quad (10)$$

$$K_{y2} = \frac{(y - y_1)(y - y_3)}{(y_2 - y_1)(y_2 - y_3)}, \quad (11)$$

$$K_{y3} = \frac{(y - y_1)(y - y_2)}{(y_3 - y_1)(y_3 - y_2)}, \quad (12)$$

$$I(x, y_1) = K_{x1}I(x_1, y_1) + K_{x2}I(x_2, y_1) + K_{x3}I(x_3, y_1), \quad (13)$$

$$I(x, y_2) = K_{x1}I(x_1, y_2) + K_{x2}I(x_2, y_2) + K_{x3}I(x_3, y_2), \quad (14)$$

$$I(x, y_3) = K_{x1}I(x_1, y_3) + K_{x2}I(x_2, y_3) + K_{x3}I(x_3, y_3), \quad (15)$$

де

$$K_{x1} = \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)}, \quad (16)$$

$$K_{x2} = \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)}, \quad (17)$$

$$K_{x3} = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)}. \quad (18)$$

Якщо кути C и γ попадають у граничні (перші або останній) інтервали своїх діапазонів зміни (табл. 1 і табл. 2), то, виходячи із властивостей симетрії й періодичності функції $I(C, \gamma)$, відповідні вузли інтерполяції визначають як це показано в табл. 3 і 4.

У випадку осььосиметричного (симетричного відносно оптичної осі ОП) світлорозподілу наведені вище формули інтерполяції спрощують.

$$\begin{aligned} \text{Для лінійної інтерполяції шукана сила світла } I(C, \gamma) = I(\gamma) - \\ I(\gamma) = I(\gamma_j) - K_\gamma [I(\gamma_j) - I(\gamma_{j+1})], \end{aligned} \quad (19)$$

де K_γ визначається за (4).

Для квадратичної інтерполяції

$$I(y) = K_{y1}I(y_1) + K_{y2}I(y_2) + K_{y3}I(y_3), \quad (20)$$

де K_{y1} , K_{y2} , K_{y3} визначають за (10)-(12). При цьому для вузлів поза діапазоном кута γ розрахункові формули мають вигляд: $I(y_1) = I(y_3)$ і $I(y_3) = I(y_1)$ відповідно для першого і останнього інтервалів у позначеннях табл. 4.

3.3. Фотометрія дорожніх покриттів

3.3.1. Формування ТКЯ

Відбиваючі властивості ДП виражають у вигляді скороченого коефіцієнта яскравості $r(\beta, \varepsilon)$ [стер⁻¹], що визначають за виразом

$$r(\beta, \varepsilon) = \frac{L(\beta, \varepsilon)}{E(\varepsilon)} \cos^3 \varepsilon, \quad (21)$$

Таблиця 3 - Визначення вузлів інтерполяції у граничних інтервалах для кута C .

Інтервал	Діапазон кута C , град.	Δ, C	Вузли інтерполяції			Значення сили світла у вузлі поза діапазоном
			x_1	x_2	x_3	
перший, $C_1 \leq C \leq C_2$	0-90	$C_2 - C_1$	$C_1 - \Delta C$	C_1	C_2	$I(x_1, y_j) = I(x_3, y_j)$
	90-270 0-360	$C_m - C_{m-1}$				$I(x_1, y_j) = I(C_{m-1}, y_j)$
останній, $C_{m-1} \leq C \leq C_m$	0-90	$C_m - C_{m-1}$	C_{m-1}	C_m	$C_m + \Delta C$	$I(x_3, y_j) = I(x_1, y_j)$
	90-270 0-360	$C_2 - C_1$				$I(x_3, y_j) = I(C_2, y_j)$

Таблиця 4 - Визначення вузлів інтерполяції у граничних інтервалах для кута γ .

Інтервал	Діапазон кута C , град	Δ, γ	Вузли інтерполяції			Значення сили світла у вузлі поза діапазоном
			y_1	y_2	y_3	
перший, $\gamma_1 \leq \gamma \leq \gamma_2$	0-90	$\gamma_2 - \gamma_1$	$\gamma_1 - \Delta \gamma$	γ_1	γ_2	$I(x_b, y_1) = I(x_b, y_3)$
	90-270 0-360					$I(x_b, y_1) = I(180^\circ - x_b, y_3)$ $I(x_b, y_1) = I(180^\circ + x_b, y_3)$
останній, $\gamma_{n-1} \leq \gamma \leq \gamma_n$	0-90	$\gamma_n - \gamma_{n-1}$	γ_{n-1}	γ_n	$\gamma_n + \Delta \gamma$	$I(x_b, y_3) = I(x_b, y_1)$
	90-270 0-360					$I(x_b, y_3) = I(180^\circ - x_b, y_1)$ $I(x_b, y_3) = I(180^\circ + x_b, y_1)$

де $L(\beta, \varepsilon)$ – яскравість ДП у розрахунковій точці в напрямку спостерігача (рис. 4), лінія зору якого спрямована під кутом $\gamma = 1^\circ$ до полотна дороги, при падінні в розрахункову точку променя світла від точкового ОП під кутом ε , [кд/м²];

$E(\varepsilon)$ - освітленість ДП у розрахунковій точці від точкового джерела при падінні променя світла під кутом ε , [лк];

β - кут між площиною падіння променя світла і площиною спостереження (вертикальною площиною, що проходить через лінію зору).

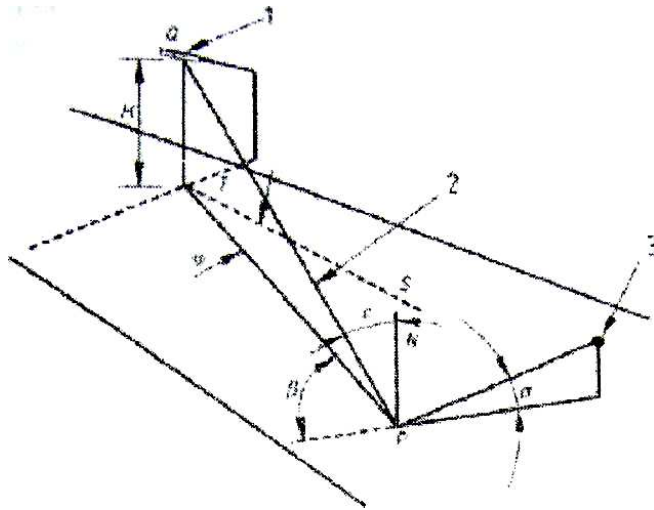


Рис. 4 - Схема розташування ОП, розрахункової точки і спостерігача відносно полотна дороги при визначенні яскравості ДП:

- 1 – ОП; 2 - падаючий промінь світла; 3 - спостерігач;
 P - розрахункова точка; N - нормаль до ДП;
 S - поздовжній напрямок дороги.

У табл. 5 і 6 наведено значення скороченого коефіцієнта яскравості, помножені на 10^4 , залежно від стандартизованих значень аргументів: β і $\operatorname{tg} \varepsilon$ у для двох типів ДП, які отримані шляхом перерахування значень коефіцієнта яскравості, представлених у ГОСТ 26824-86.

4. Розрахунок сили світла ОП у розрахункову точку ДП

4.1. Загальні положення

При розрахунку сили світла ОП у розрахункову точку ДП необхідно враховувати, що світлорозподіл ОП, виражений у формі ТСС, визначено в системі координат $I(C, \gamma)$, пов'язаної з ОП, тоді як розташування й орієнтація ОП, а також розрахункова точка визначені в системі координат розрахункового поля дороги. Тому для розрахунку сили світла ОП $I(C, \gamma)$ у розрахункову точку треба визначити кути C і γ , що координують цю точку в системі координат ОП.

4.2. Орієнтація ОП у системі координат розрахункового поля

Система координат розрахункового поля зв'язується із прямокутною (декартовою) системою координат (x, y, z) , в якій вісь x орієнтована уздовж

Таблиця 5 - Редуковані коефіцієнти яскравості дрібнозернистого асфальтобетонного покриття $\times 10^4$

tg ε	Кут β , град																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
0,25	355	353	350	346	341	337	333	329	325	321	318	309	304	302	291	291	291	291	291	291
0,5	379	372	362	345	328	311	296	280	269	262	257	246	241	266	228	228	228	228	228	228
0,75	338	331	320	302	284	261	243	229	218	210	204	184	174	190	163	163	163	163	163	163
1	293	285	273	254	234	216	197	180	166	153	142	141	131	124	113	113	113	113	113	113
1,25	334	321	300	267	226	190	161	141	127	117	108	92	87	95	78	78	78	78	78	78
1,5	347	330	305	261	211	158	129	113	98	89	83	67	60	63	54	54	54	54	54	54
1,75	330	312	284	235	178	133	108	90	79	70	64	55	49	48	39	39	39	39	39	39
2	309	291	264	210	153	114	90	73	63	57	51	42	35	21	28	28	28	28	28	28
2,5	255	239	215	160	111	79	59	50	44	39	35	28	21	14	16	16	16	16	16	16
3	211	194	167	117	77	55	43	35	31	27	23	17	13	9	10	10	10	10	10	10
3,5	221	182	128	82	54	40	30	24	21	17	16	12	10	9	7	7	7	7	7	7
4	226	179	118	63	39	28	21	18	15	14	12	9	7	6	5	5	5	5	5	5
4,5	244	185	109	50	28	22	17	14	12	10	9	7	6	5	3	3	3	3	3	3
5	240	181	95	39	21	17	13	11	9	8	7	5	5	4	2	2	2	2	2	2
5,5	224	170	81	30	17	13	10	9	7											
6	197	148	67	24	14	10	9	7	5											
6,5	169	126	56	19	11	8	7	5												
7	146	107	47	14	9	7	6	4												
7,5	126	91	41	13	8	6	5													
8	109	79	35	12	6	5	4													
8,5	96	68	32	11	5	4	3													
9	84	61	27	9	5	4														
9,5	74	54	24	8	4	3														
10	66	49	22	7	3	3														
10,5	58	43	19	6	3	2														
11	52	38	17	5	3	2														
11,5	47	35	14	5	2															
12	47	34	13	4	2															

39

напрямку руху транспорту, вісь y – поперек руху, а вісь z - вертикально нагору (рис. 5). Координатні відстані між розрахунковою точкою (x_p, y_p) і ОП (x_i, y_i) визначаються як

$$x = x_p - x_i, \quad (22)$$

$$y = y_p - y_i, \quad (23)$$

Орієнтація ОП у системі координат розрахункового поля визначається трьома кутами повороту ν , δ і ψ відносно координатних осей ν , δ і ψ згідно рис. 6.

Вихідні положення осей і площин системи фотометрирування ОП (C, γ) у системі координат (x, y, z) , при яких $\nu = 0$, $\delta = 0$ та $\psi = 0$, такі:

- оптична вісь ОП спрямована проти осі z ;

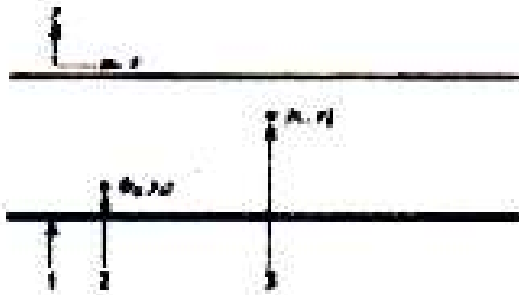


Рис. 5 - Орієнтація системи координат відносно розрахункового поля (у плані):

- 1 - границя проїзної частини; 2 - розрахункова точка; 3 - ОП.

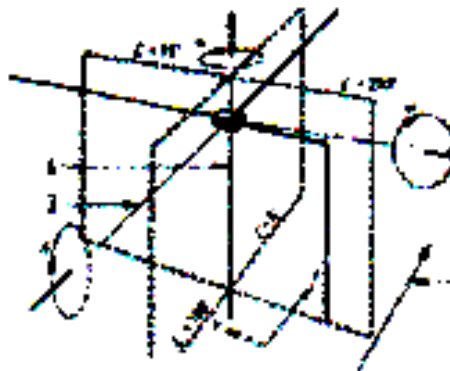


Рис. 6 - Розташування системи фотометрирування ОП (C, γ) у системі координат розрахункового поля (x, y, z) при вихідних кутах повороту $\nu = 0$, $\delta = 0$ та $\psi = 0$:
 1 - вісь повороту відносно осі y ; 2 - поздовжній напрямок дороги; 3 - вісь повороту відносно осі x ; 4 - вісь повороту відносно осі z (оптична вісь ОП).

4.3. Розрахунок кутів C і γ для розрахункової точки

Для довільної орієнтації ОП у системі координат (x, y, z) , що задана кутами ν, δ і ψ , і розташування ОП відносно розрахункової точки, заданого параметрами x, y і висотою установки ОП над розрахунковою площиною H , розрахунок кутів C і γ визначається наступною процедурою:

1) розрахунок допоміжних параметрів x', y' і H' у системі координат ОП:

$$x' = x(\cos \nu \cos \psi - \sin \nu \sin \delta \sin \psi) + y(\sin \nu \cos \psi + \cos \nu \sin \delta \sin \psi) + H \cos \delta \sin \psi \quad (24)$$

$$y' = -x \sin \nu \cos \delta + y \cos \nu \cos \delta - H \sin \delta, \quad (25)$$

$$H' = -x(\cos \nu \sin \psi + \sin \nu \sin \delta \cos \psi) - y(\sin \nu \sin \psi - \cos \nu \sin \delta \cos \psi) + H \cos \delta \cos \psi; \quad (26)$$

2) розрахунок азимутального кута C у системі координат ОП (табл. 7):

Таблиця 7. Формули для розрахунку кута C (27-29)

x'	y'	C
>0	≥ 0	$\arctg \frac{y'}{x'}$
	<0	$360^\circ + \arctg \frac{y'}{x'}$
$= 0$	$\neq 0$	90°
	$= 0$	приймається 0°
<0	≥ 0	$180^\circ + \arctg \frac{y'}{x'}$
	<0	

3) розрахунок шуканого полярного кута γ в системі координат ОП (табл. 8):

Таблиця 8 - Формули для розрахунку кута γ (30, 31)

H'	γ
>0	$\arctg \frac{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}{H'}$
$= 0$	90°
<0	$180^\circ + \arctg \frac{\sqrt{(X')^2 + (y')^2}}{H'}$

Далі для знайдених кутів C і γ , використовуючи ТСС і відповідні інтерполяційні формули, визначають шукане значення $I(C, \gamma)$ у розрахунковій точці.

5. Розрахунок основних фотометричних показників

5.1. Яскравість

5.1.1. Яскравість у точці

Значення яскравості ДП, створюваної одним ОП у розрахунковій точці, яку бачить спостерігач у стандартних умовах спостереження, визначається як

$$L_1 = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot r(\beta, \varepsilon) \cdot 10^{-4}}{K_3 \cdot H^2} \text{ [кд/м}^2\text{]}, \quad (32)$$

де $I(C, \gamma)$ – сила світла ОП в напрямку розрахункової точки, обумовленому кутами C і γ в системі координат ОП [кд/кЛМ] (див. п. 4.3);

Φ – сумарний світловий потік ДС в ОП [кЛМ];

$r(\beta, \varepsilon)$ – табличне значення редукованого коефіцієнта яскравості ДП при падінні променя світла від ОП у розрахункову точку під кутом ε до поверхні ДП у стандартних умовах спостереження, при цьому площина падіння повернута відносно площини спостереження на кут в [стер⁻¹] (див. п. 3.3.1 і рис. 4);

K_3 – коефіцієнт запасу;

H - висота ОП над розрахунковою площиною [м].

Значення сумарної яскравості ДП у розрахунковій точці Р, створюваної в напрямку спостерігача сукупністю n ОП, встановлюється сумою внесків яскравості L_i від кожного i -го ОП, тобто

$$L_p = \sum_{i=1}^n L_i . \quad (33)$$

5.1.2. Розрахункове поле

У поздовжньому напрямку розрахункове поле обмежене кроком S між ОП, розташованими в одному ряді. Спостерігач розташовується на відстані 60 м перед першим ОП (рис. 7). Коли є кілька рядів ОП з різним кроком, то розрахункове поле визначається відносно ряду ОП з найбільшим кроком.

У поперечному напрямку розрахункове поле обмежене шириною проїзної частини W_r в одному напрямку.

Розрахункові точки розташовуються по розрахунковому полю рівномірно в поздовжньому й поперечному напрямках (рис. 8). Кількість розрахункових точок і крок між ними визначаються за наступним правилом:

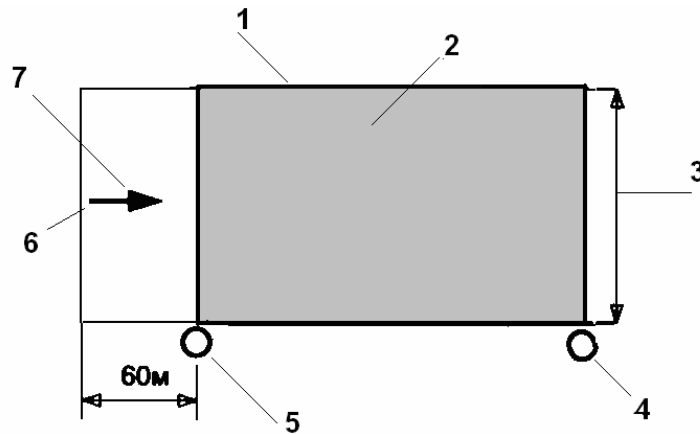


Рис. 7 - Розрахункове поле для яскравості:

1 - границя проїзної частини (в одному напрямку руху); 2 - розрахункове поле; 3 - ширина проїзної частини (в одному напрямку руху); 4 і 5 - сусідні ОП; 6 – спостерігач; 7 - напрямок спостереження.

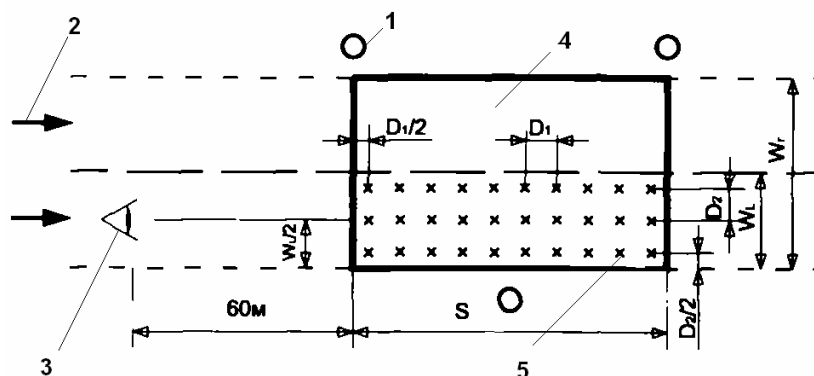


Рис. 8 - Розташування розрахункових точок у розрахунковому полі (показано тільки по одній смузі руху):

1 – ОП; 2 - напрямок руху; 3 – спостерігач; 4 - розрахункове поле; 5 - розрахункові точки.

- у поздовжньому напрямку: якщо $S \leq 30$ м, то число точок N_1 дорівнює 10, якщо $S > 30$ м, то N_1 дорівнює такому найменшому цілому числу, при якому крок між точками $D_1 = S / N_1 \leq 3$ м. При цьому крайні точки відстоять від границь розрахункового поля на відстані $D_1/2$;
- у поперечному напрямку: число точок дорівнює 3 на кожну смугу руху шириною W_L . Крок дорівнює $D_2 = W_L/3$, а крайні точки відстоять від границь смуги на відстані $D_2/2$. Загальне число точок при числі смуг N_L дорівнює $N_2 = 3 \cdot N_L$.

По всьому розрахунковому полю загальне число розрахункових точок дорівнює $N = N_1 \cdot N_2$.

Примітка. На узбіччі з асфальтобетонним покриттям визначення числа і розташування розрахункових точок аналогічне як для проїзної смуги.

5.1.3. Положення спостерігача

Спостерігач розташовується послідовно на осьовій лінії кожної смуги руху в точці, віддаленій на 60 м від ближньої границі розрахункового поля при фіксації його ока на висоті 1,5 м над площиною ДП.

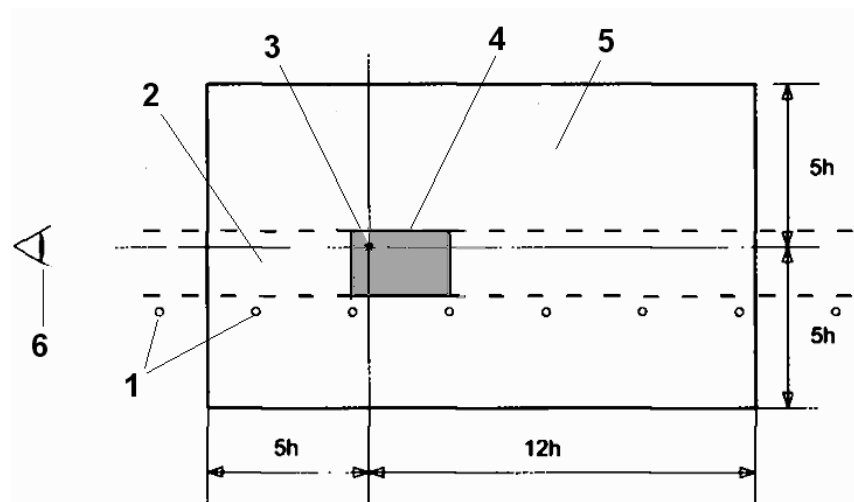


Рис. 9 - Область ОП, які враховують у розрахунку яскравості:
 1 – ОП; 2 - проїзна частина; 3 - розрахункова точка; 4 - розрахункове поле; 5 - область ОП, які враховують у розрахунку; 6 - спостерігач.

5.1.4. Поле ОП, що враховуються

У розрахунку яскравості враховуються тільки ті ОП, які попадають всередину прямокутної області, розташовуваної відносно розрахункової точки (рис. 9). Розміри області визначаються відносно висоти H розташування ОП над полотном дороги.

5.2. Освітленість

5.2.1. Загальні положення

У цьому розділі розглядаються три види освітленості: горизонтальна, напівциліндрична і вертикальна.

У наведених нижче формулах для розрахунку вказаних видів освітленостей у розрахунковій точці від одного ОП використані такі параметри:

$I(C, \gamma)$ – сила світла ОП у напрямку розрахункової точки, обумовленому кутами C і γ у системі координат ОП [кд/кЛМ] (див. п. 4.3);

Φ – сумарний світловий потік ламп в ОП [кЛМ];

ε – кут падіння променя світла від ОП у розрахункову точку [рад];

α – кут між вертикальною площиною, що містить падаючий луч від ОП у розрахункову точку, і базисною вертикальною площиною, перпендикулярною до вертикальної площини напівциліндра (для напівциліндричної освітленості, рис. 10) або до вертикальної розрахункової площини (для вертикальної освітленості, рис. 11), і орієнтованою уздовж основного руху пішоходів (для доріг це напрямок руху транспорту);

H – висота ОП над площиною ДП [м];

K_3 – коефіцієнт запасу.

Горизонтальна освітленість (на рівні ДП):

$$E_{гор} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \cos^3 \varepsilon}{K_3 \cdot H^2} \text{ [лк]}. \quad (34)$$

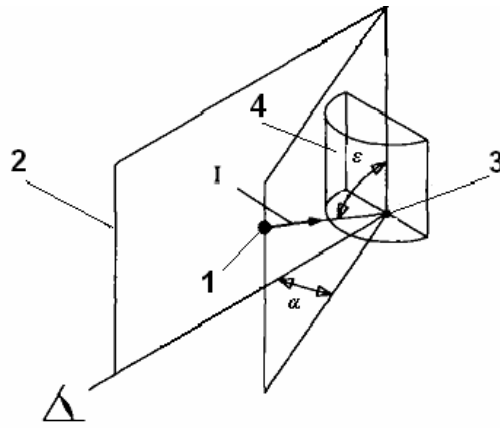


Рис. 10 - До розрахунку напівциліндричної освітленості:
 1 – ОП; 2 - базисна вертикальна площина, перпендикулярна до вертикальної площини напівциліндра 4; 3 - розрахункова точка.

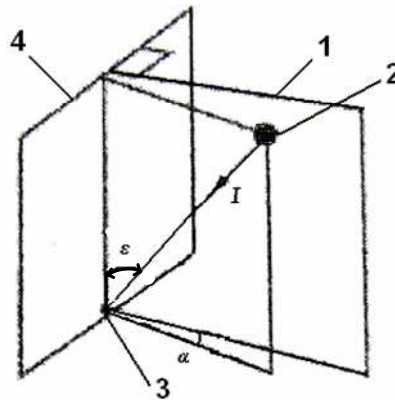


Рис. 11 - До розрахунку вертикальної освітленості:
 1 - базисна вертикальна площина, перпендикулярна до вертикальної освітлюваної площини 4; 2 – ОП; 3 - розрахункова точка.

Напівциліндрична освітленість (на рівні 1,5 м над ДП):

$$E_{\text{нпц}} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot (1 + \cos \alpha)}{\pi \cdot K_3 \cdot (H - 1,5)^2} \text{ [лк]}. \quad (35)$$

Вертикальна освітленість (на рівні 1,5 м над ДП):

$$E_{\text{вер}} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot \cos \alpha}{K_3 \cdot (H - 1,5)^2} \text{ [лк]}. \quad (36)$$

Розрахункове поле, кількість і розташування розрахункових точок у поздовжньому напрямку визначаються аналогічно тому, як вони визначаються при розрахунку яскравості (див. п. 5.1.2). У поперечному напрямку число розрахункових точок N_2 визначається в такий спосіб: якщо ширина розрахункового поля $W_r \leq 4,5$ м, то число точок N_2 дорівнює 3, якщо $W_r > 4,5$ м,

то N_2 дорівнює такому найменшому цілому числу, при якому крок $D_2 = W_r / N_2 \leq 1,5$ м. При цьому крайні точки відстоять від границь розрахункового поля на відстані $D_2/2$.

Значення сумарної освітленості в розрахунковій точці Р, створюваною сукупністю n ОП, визначається сумою внесків освітленості E_i від кожного i -го ОП, тобто

$$E_p = \sum_{i=1}^n E_i \quad (37)$$

У розрахунку горизонтальної освітленості беруть участь тільки ті n ОП, які попадають всередину області, обмеженої колом з центром у розрахунковій точці й радіусом, рівним $5H$, де H - висота розташування ОП над освітлюваною поверхнею. При розрахунку напівциліндричної і вертикальної освітленості зазначена область має форму півкола того ж радіуса, орієнтованого відповідно до напрямку базисної вертикальної площини.

5.2.2. Розрахункове поле ділянок з нестандартною геометрією

У тих випадках, коли освітлювальна ділянка має нестандартну геометрію, розрахункові точки вибирають в такий спосіб. Зазначена ділянка вписується в прямокутник, в якому розмічається сітка розрахункових точок відповідно до правил, застосованих для ділянок зі стандартною геометрією. У розрахунку беруть участь тільки точки, що потрапили в область ділянки. При нерівномірному розташуванні ОП крок між ними не завжди можна зв'язати із кроком між розрахунковими точками, тому розташування точок може бути досить довільним, але в кожному разі крок не повинен перевищувати 1,5 м як у поздовжньому, так і поперечному напрямку.

Вибір орієнтації базисної вертикальної площини при розрахунку напівциліндричної і вертикальної освітленостей повинен бути визначений відповідно до основних цілей використання даних пішохідних зон.

6. Розрахунок нормативних параметрів

6.1. Загальні положення

Нормативні параметри, що відносяться до яскравості або освітленості, повинні визначатися на відповідних розрахункових сітках без наступної інтерполяції. Виняток становить випадок, коли вузли розрахункової сітки не потрапляють на осьову лінію смуги руху при розрахунку поздовжньої рівномірності яскравості (див. п. 6.2.2). У цьому разі на осьових лініях визначаються розрахункові точки за тим же правилом, що й при визначенні точок у поздовжньому напрямку (див. п. 5.1.2). При розрахунку початкових значень середньої яскравості й освітленості коефіцієнт запасу приймають рівним 1, а при встановленому терміні експлуатації рівним нормованому значенню.

6.2. Визначення розрахункових параметрів

6.2.1. Параметри яскравості.

Розрахунок вказаних нижче параметрів проводять при розташуванні спостерігача на кожній смузі руху.

Середня яскравість $L_{сер}$ визначається як середнє арифметичне значень яскравостей у вузлах сітки розрахункового поля при розташуванні спостерігача на осьовій лінії смуги руху:

$$L_{сер} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_k \text{ [кд/м}^2\text{]}, \quad (38)$$

де L_k — яскравість [кд/м²] ДП в k -й розрахунковій точці поля від всіх ОП, що беруть участь у розрахунку (див. п. 5.1.4);

N - кількість розрахункових точок у розрахунковому полі (див. п. 5.1.2).

Загальна рівномірність U_0 визначається як відношення найменшого значення яскравості L_{min} у вузлах сітки розрахункового поля до значення середньої яскравості $L_{сер}$ при розташуванні спостерігача на осьовій лінії смуги руху:

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{\text{сер}}}. \quad (39)$$

Поздовжня рівномірність U_l визначається як відношення найменшого L_{\min} до найбільшого L_{\max} значень яскравості в розрахункових точках розрахункового поля, розташованих уздовж осьовий лінії смуги руху, при розташуванні спостерігача на цій же осьовій лінії:

$$U_1 = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}. \quad (40)$$

6.2.2. Параметри освітленості

Вказані нижче параметри стосуються всіх розглянутих в даному Додатку видів освітленості: горизонтальної, напівциліндричної та вертикальної.

Середня освітленість $E_{\text{сер}}$ визначається як середнє арифметичне значень освітленості у вузлах розрахункової сітки:

$$E_{\text{сер}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N E_k \text{ [лк]}, \quad (41)$$

де E_k – освітленість [лк] в k -ої розрахунковій точці поля від всіх ОП, що враховують у розрахунку (див. п. 5.2.1);

N - кількість розрахункових точок у розрахунковому полі (див. п. 5.2.1).

Мінімальна освітленість E_{\min} визначається як найменше значення освітленості у вузлах розрахункової сітки.

Загальна рівномірність $U_0(E)$ визначається відношенням найменшого значення освітленості у вузлах розрахункової сітки E_{\min} до значення середньої освітленості $E_{\text{сер}}$:

$$U_0(E) = \frac{E_{\min}}{E_{\text{сер}}}. \quad (42)$$

Для ділянок з нестандартною геометрією розрахункова сітка визначається відповідно до процедури, описаної в п. 5.2.2.

6.2.3. Параметри засліпленості

Пороговий приріст яскравості TI розраховують за формулою -

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{сер}^{0.8}} [\%], \quad (43)$$

де L_v – еквівалентна вуалююча яскравість, визначається як

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\theta_i^2}, \quad (44)$$

де E_i – освітленість на зіниці ока спостерігача від i -го ОП, лк;

θ_i – кут між напрямком на θ_i -й ОП і лінією зору спостерігача, град.;

n – кількість ОП, що враховують у розрахунку.

Освітленість E_i розраховують як освітленість у точці, розташованій на висоті 1,5 м над полотном дороги в площині, перпендикулярній до лінії зору спостерігача, який знаходиться в стандартних умовах спостереження:

$$E_i = \frac{I_i(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \cos^2 \varepsilon_i \cdot \cos \theta_i}{(H_i - 1,5)^2}, \quad (45)$$

де ε_i – кут між падаючим променем і вертикаллю, інші позначення див. п. 5.2.1.

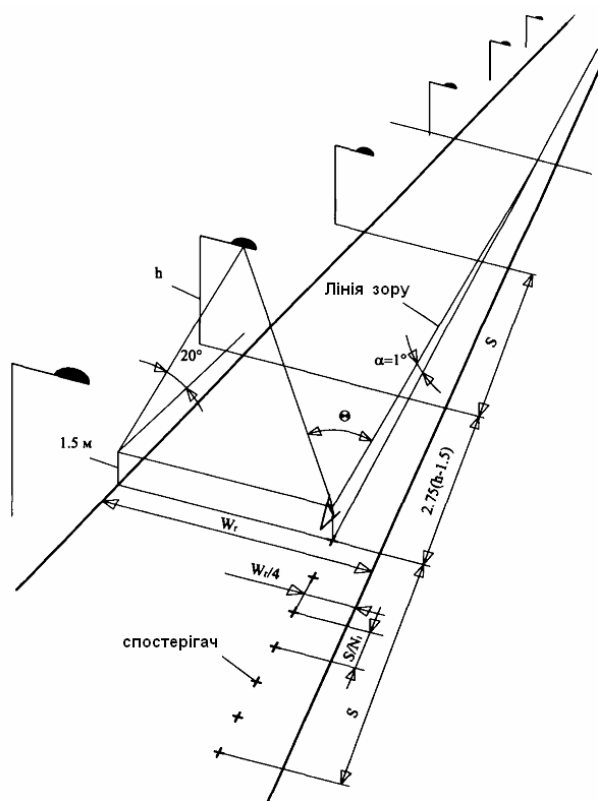


Рис. 12 - До розрахунку TI :

Підсумовування в (44) проводять по рядах ОП, починаючи з першого поперед спостерігача ОП, неекранованого кабіною автомобіля, і обмежується тими ОП, внесок яких становить не менше 2% від сумарного значення L_v , створеного попередніми ОП даного ряду. При цьому відстань від ОП до спостерігача не повинна перевищувати 500 м, а значення кута θ_i , не виходити за межі інтервалу $1,5^\circ - 60^\circ$.

Величина середньої яскравості $L_{сер}$, що входить у формулу (43) визначається при $K_3=1$. Формула справедлива для значень $L_{сер}$, що лежать в інтервалі 0,05-5 кд/м².

Значення TI розраховують для спостерігача, послідовно розташованого в N_I точках, що лежать на осі смуги руху. Перша точка відстоїть від границі розрахункового поля на відстані 2,75 (Н-1,5) м, обумовленому кутом екранування ОП кабіною автомобіля, прийнятим рівним 20° відносно площини горизонту (рис. 12). Точки розташування спостерігача розміщуються із кроком $D_I = S/N_I$, де S – крок між ОП. Значення N_I встановлюють як при розрахунку яскравості (див. п. 5.1.2). Розрахунок TI проводять при розташуванні спостерігача на кожній смузі руху.

Показник засліпленості P розраховують за формулою:

$$P = 1000 \left(\left(1 + C_\lambda C_L \frac{L_v}{L_{сер}} \right)^{0,6} - 1 \right), \quad (46)$$

де L_v і $L_{сер}$ - вуалююча і середня яскравості, визначені як при розрахунку TI ;

C_λ - коефіцієнт, що враховує вплив спектрального складу випромінювання ДС, рівний 1,0 для ламп розжарювання, 1,1 для МГЛ, 1,3 для ДРЛ й 0,9 для ДНаТ;

C_L — коефіцієнт, що залежить від рівня середньої яскравості ДП (рис. 13).

Положення спостерігача і кількість ОП, що які враховують в розрахунку, визначають так само, як при розрахунку показника TI .

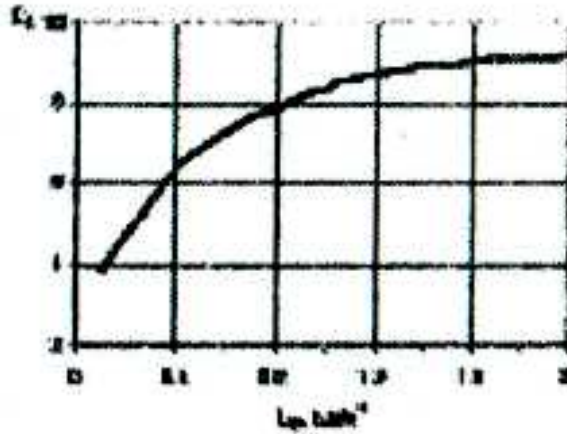


Рис. 13 - Залежність коефіцієнта C_L від середньої яскравості $L_{ср}$ ДП

Гранична сила світла ОП $I_{гран}$. Перевірку на відповідність цьому показнику виконують для ОП, що потрапили в розрахункове поле ділянки з нестандартною геометрією (див. п. 5.2.2), для двох значень регламентованого полярного кута ε : 80° й 85° , відлічуваного від вертикалі (надіра) до ОП (рис. 4).

Спочатку для обраного ОП, що має параметри розміщення (x_i, y_i, H_i) і орієнтації $(\nu, \delta$ і $\psi)$ відносно системи координат (X, Y) даної ділянки (див. п. 4.2), визначають координати (x_H, y_H) точки розташування ока спостерігача (рис. 14), в якій лінія зору, спрямована на даний ОП, становить регламентований кут ε з надіром до ОП.

Координати цієї точки визначають як рішення системи рівнянь траєкторії руху спостерігача уздовж осьової лінії обраної смуги руху й кола із центром у точці (x_i, y_i) і радіусом

$$R_i = (H_i - h) \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (47)$$

де H_i та h – висота розташування ОП і ока спостерігача над ДП ($h=1,5$ м). Для показаного на рис. 14 прикладу (W_L – ширина смуги руху) —

$$y_H = -3W_L / 2, \quad (48)$$

$$x_H = x_i - \sqrt{R_i^2 - (y_i - y_H)^2}. \quad (49)$$

Далі здійснюють розрахунок сили світла ОП у напрямку цієї точки відповідно до процедури, описаної в п. 4, при підстановці $x=x_H - x_i$, $y = y_H - y_i$ і H

$= H_i - h$. Знайдене значення сили світла $I(x_n, y_n; x_i, y_i)$ порівнюють з регламентованим значенням $I_{гран}(\varepsilon)$ для даного кута ε .

Розрахунок повторюють для всіх смуг руху (у випадку двобічного руху - в обох напрямках) і для всіх ОП, розташованих на цій ділянці.

Методика вимірювання світлотехнічних характеристик зовнішнього освітлення

Цей Додаток визначає єдині вимоги до вимірювань світлотехнічних характеристик вуличного освітлення.

1. Фотометричні вимірювання

Методи, що застосовують, повинні відповідати меті вимірювань. Якщо дані вимірювання необхідні для порівняння з розрахунковими даними, для забезпечення показового порівняння потрібна найвища точність. Якщо дані вимірювання необхідні для контролю стану освітлювальної установки, то достатньо отримання порівняно обмеженого числа показників із віддалених однієї від одної точок. У цьому разі важливо, щоб вимірювання для контролю стану проводилися однаково. В інших випадках допускається вибірковий контроль.

2. Умови проведення вимірювань

2.1. Стабілізація після включення

Розрядні лампи потребують певного часу для стабілізації світлового потоку. Тому перед безпосередньо світлотехнічними вимірюваннями освітлювальних установок необхідні попередні вимірювання освітленості в тих же точках через рівні проміжки часу, щоб переконатися у встановленні стабільності.

Для контролю стабільності під час вимірювань повинні проводитися контрольні зняття показників (див. Додаток А.10).

2.2. Кліматичні умови

Кліматичні умови не повинні, по можливості, впливати на результати вимірювання, за винятком випадків, коли цей вплив передбачений. Високі або низькі температури можуть впливати на світловий потік чутливих у температурному відношенні ламп або на точність вимірювального обладнання. Конденсація вологи на світлопропускаючих поверхнях вимірювальних приладів або на їхніх електричних схемах може вплинути на точність вимірювань. Висока швидкість вітру може привести до коливань світильників або вібрацій вимірювальних приладів. Вона може також знизити температуру ламп й таким чином вплинути на світловий потік чутливих у температурному відношенні ламп. Навіть незначна вологість дорожньої поверхні може значно змінити яскравість дорожньої поверхні. Світлопропускаюча здатність атмосфери впливає на світло, яке попадає на вимірювану поверхню або, при вимірюванні яскравості, впливає на яскравість вимірюваної поверхні.

2.3. Стороннє і розсіяне світло

Якщо вимірювання проводиться тільки для одержання світлотехнічних характеристик вуличної освітлювальної установки, потрібно виключити або відповідно врахувати пряме або відбите світло від оточення. Вжиті заходи повинні бути відображені в протоколі вимірювання (див. Додаток А.7).

Примітка: Світло від оточення може падати від вітрин, рекламних щитів, сигнальних вогнів, ліхтарів транспортних засобів, інших освітлювальних установок, це може бути світло, відбите від поверхні снігу на узбіччях дороги і т.ін. У деяких випадках це світло можна виключити, екранувати або вимкнути. В інших випадках повинна бути проведена корекція, що базується на окремому вимірюванні при виключеному вуличному освітленні. Корекція для денного світла може бути зроблена тільки при стійкій хмарності.

Якщо мова йде про вимірювання прямого світла освітлювальної установки, для вимірювання повинні вибиратися вільні від тінеутворюючих об'єктів ділянки. Такими об'єктами можуть бути дерева, припарковані автомобілі,

елементи вуличного оснащення. Наявність таких об'єктів фіксують в протоколі вимірювань (див Додаток А.7).

2.4. Вимірювання з автомобіля, що рухається

Характеристики освітлювальної установки можуть бути виміряні з автомобіля, що рухається. Головні розходження між динамічними й статичними вимірюваннями:

- число точок вимірювання у випадку динамічних вимірювань більше;
- вимоги відносно місця розташування спостерігача й розташування растрових точок у випадку динамічних вимірювань виконати важко або взагалі неможливо.

Щоб забезпечити достовірні результати при динамічних вимірюваннях, необхідно, щоб:

1) для кожної точки вимірювання положення фотометричної голівки було відносно прив'язане зазначенням висоти, віддаленням у поздовжньому напрямку й поперечному напрямку або координат до постійної величини як, наприклад, бордюрного каменя;

2) вплив на результати вимірювання автомобіля, а саме, тіні від автомобіля, відбиття світла або електронних перешкод був зведений до мінімуму;

3) автомобіль був оснащений вимірювальними приладами, що відповідають вимогам розділів 6 і 7.

При вимірюваннях з автомобіля, що рухається, повинен бути врахований Додаток А.11.

3. Нефотометричні вимірювання

3.1. Загальні умови

При виборі нефотометричних величин, як правило, потрібно враховувати мету проведення вимірювань. Якщо дані вимірювань необхідні для порівняння з розрахунковими даними, потрібні більш точні нефотометричні вимірювання.

Якщо дані необхідні для контролю стану освітлювальної установки, досить провести менш точні нефотометричні вимірювання.

3.2. Геометричні показники

При визначенні геометричних показників освітлювальної установки слід включати вимірювання габаритів освітлювальної установки, висоти щогл і довжини кронштейнів, а також нахилу кронштейнів, їхню орієнтацію і кут повороту світильників.

3.3. Напруга живлення

Рекомендується з початку виміряти напругу живлення на щоглах. Під час вимірювань необхідно, по можливості, тримати напругу живлення під спостереженням. Для цієї мети повинен переважно застосовуватися реєструючий вольтметр.

3.4. Температура

Температура повинна вимірюватися на висоті 1,0 м над дорожнім полотном з інтервалом в 30 хвилин.

3.5. Прилади

Всі прилади повинні бути відкалібровані (повірені).

Примітка: Вимоги до дотримання класу точності приладів можуть пропонуватися умовами тендера або специфікацією.

3.6. Розташування растрових точок і місце розташування спостерігача

Щоб зробити висновок про відповідність отриманих при вимірюванні і розрахунках величин, потрібно, щоб розташування растрових точок, в яких проводилися вимірювання, а також місце розташування спостерігача відповідали закладеним при розрахунку. Останні повинні збігатися із заданими Додатком 1. Якщо з тимчасових або інших причин проведення великої кількості спостережень неможливо, дозволяється обмежитися меншим числом

спостережень, що, однак, спричиняє зниження точності. Дозволяється виявляти максимальне й мінімальне значення шляхом пошуку, а не зняттям великої кількості показників.

4. Вимірювання освітленості

4.1. Загальні умови

Освітленість повинна вимірюватися за допомогою люксметра, характеристики якого відповідають меті вимірювань. Якщо виміри проводяться для контролю стану, абсолютне калібрування люксметра не потрібно, але рекомендується враховувати тимчасову стабільність люксметра.

Для вимірювання горизонтальної і вертикальної освітленості необхідний протокол вимірювання освітленості на площині. Для вимірювання напівциліндричної освітленості необхідний спеціальний протокол.

4.2. Висота й орієнтування фотометричної головки

а) Горизонтальна освітленість

Приймальна площадка фотометричної голівки повинна бути розташована горизонтально і якнайближче до землі. Якщо це неможливо, приймальна площадка повинна знаходитися на відстані до 200 мм над землею, висота повинна бути вказана в протоколі вимірювань.

б) Напівциліндрична й вертикальна освітленість

Центр приймальної площадки фотометричної головки повинен розташовуватися на відстані 1,5м над землею й вертикально. Приймач повинен бути правильно юстований, звичайно в поздовжньому напрямку.

4.3. Сітка вимірювань

Растр точок вимірювання необхідно, по можливості, вибирати з описаних у Додатку 1 сіток, за винятком випадків, коли альтернативна сітка визнається

більш придатною. Фотометричну головку потрібно розташовувати точно над точкою вимірювання.

5. Вимірювання яскравості

Яскравість дорожнього полотна вимірюють відкаліброваним яскравоміром, характеристики якого відповідають меті вимірювань.

Для вимірювання яскравості дорожнього полотна в даній точці яскравомір повинен мати вертикальну кутову апертуру $2'$ і горизонтальну кутову апертуру $20'$. Величина вимірюваної поверхні на вулиці не повинна перевищувати $0,5$ м у поперечному напрямку й $2,5$ м у поздовжньому напрямку. Щоб визначити середню яскравість одним вимірюванням, прилад повинен мати світлозахисну бленду, що дозволяє вимірювати світло тільки даної ділянки дорожнього полотна. Кут огляду вимірювального приладу повинен становити $(89 \pm 0,5)^\circ$ до перпендикуляра дорожнього полотна.

Сітка точок вимірювання повинна відповідати розрахунковій сітці, за винятком випадків, коли інша сітка вимірювань вважається більш придатною. Місця розміщення яскравоміра повинні відповідати записаному в Додатку 1 місцю розташування спостерігача.

Примітка 1: Зазначена у Додатку 1 ділянка вимірювання починається на відстані 60 м від спостерігача. Це означає, що кутова апертура повинна бути малою, як описано вище, щоб запобігти накладенню полів вимірювання, які відпрацьовуються встановленим на цій відстані яскравоміром. Менш точною альтернативою може служити яскравомір з більшою кутовою апертурою, встановлений на меншій відстані. Рекомендується вибирати кутову апертуру яскравоміра не більше $30'$. Розмір ділянки вимірювання на вулиці повинен бути не більше $0,5$ м у поперечному напрямку й $3,0$ м у поздовжньому напрямку.

Примітка 2: Через просторові й тимчасові зміни відбиваючих властивостей дорожнього полотна розходження між отриманими й розрахунковими значеннями яскравості можуть бути значними. Рекомендується порівнювати отримані й розрахункові значення. Перевага цього полягає і в тому, що можна відмовитися від вимірювань яскравості, проводити які на місцевості складно.

Примітка 3: В ідеальному випадку для вимірювання сухого дорожнього полотна повинні бути взяті проби дорожнього покриття для лабораторних вимірювань. Це дорогий, складний і непрактичний метод. У даний час не існує загальнодоступного, переносного приладу, за допомогою якого можна було б провести ці вимірювання. Візуальний огляд може виявити розходження ділянок дорожнього полотна, що виникли внаслідок зносу або масляних відкладень. Ці розходження добре видно на світлому дорожньому покритті, як, наприклад, бетони, і вони повинні бути зафіксовані в протоколі вимірювань (див. Додаток А.3).

Примітка 4: Для полегшення зняття показників рекомендується маркірувати точки растра на поверхні дорожнього полотна, так щоб яскравомір при погляді через візир був правильно орієнтований стосовно точок вимірювання. Якщо маркірування попадає в поле вимірювання яскравоміра, то цьому треба запобігти.

Примітка 5: Вологість значно впливає на яскравість дорожньої поверхні (див. Додаток А.3). При вологому покритті вимірювання яскравості проводити не можна. Атмосферна абсорбція редукує світло, що падає на поверхню дорожнього покриття й світло від поверхні дороги, що досягає приймальної площадки яскравоміра.

Якщо вимірювання проводять для контролю стану освітлювальної установки, абсолютне градування не потрібно, але рекомендується враховувати тимчасову стабільність яскравоміра. До того ж до поля вимірювання не повинні пред'являтися такі високі вимоги, як описано вище.

6. Звіт про випробування

Звіт повинен містити всю інформацію, важливу для вимірювань.

Додаток містить приклад формуляра звіту.

Приклад протоколу випробувань

А.1. Загальна інформація

Місце		
Дата		
Час		
Імена осіб, які беруть участь у вимірюваннях		

А.2. Геометричні дані

Схема вулиці й, якщо необхідно, околиць з розмірами і розташуванням світильників, якщо можливо, доповнені фотографіями. Розташування елементів вуличного оснащення, припаркованих автомобілів та інших перешкод.

А.3. Дані про дорожнє покриття

Вид дорожнього покриття	
Вік дорожнього покриття	
Стан дорожнього покриття	

А.4. Дані про лампи й світильники

Світильник тип 1	Позначення
	Номер у таблиці
	Нахил (у градусах)
	Висота світлової точки (м)
	Вік
	Дата останнього чищення
	Тип монтажу
	Інші дані
Лампи у світильнику типу 1	Тип
	Потужність (Вт)
	Вік
	Кількість
	ПРА
	Регулювання яскравості
Світильник типу 2	Позначення
	Номер у таблиці
	Нахил (у градусах)
	Висота світлової точки (м)
	Вік
	Дата останнього чищення
	Тип монтажу
	Інші дані
Лампи у світильнику типу 2	Тип
	Потужність (Вт)
	Вік
	Кількість
	ПРА
	Регулювання яскравості

А.5. Електроживлення

Середнє значення напруги під час вимірювання (В)	
Найнижче значення напруги під час вимірювання (В)	

А.6. Умови навколишнього середовища

Умова	На початку	Наприкінці
Погода		
Температура °С		
Видимість		
Дорожня поверхня (мокра, суха або волога)		

А.7. Стан освітлювальної установки

Розташування світильників	
Нахил світильників у робочому положенні	
Стан ТО світильників	
Стороннє світло	
Розсіяне світло	
Інші аспекти ОУ	

А.8. Інструменти

Прилад для вимірювання	Виробник	Модель	Серійний номер	Дата калібрування	Калібрування виконане ¹⁾
Освітленість на площині					
Напівсферична освітленість					
Напівциліндрична освітленість					
Яскравість Кут апертури (°) По вертикалі По горизонталі					
Вольтметр					

¹⁾ Якщо потрібно за умовами тендера або специфікації

А.9. Сітка вимірювань

Вид вимірювань	
Висота фотометричної голівки (м)	
Номер приладу	
Використовані діапазони	
Для яскравості: положення фотометричної голівки стосовно растра	

Маркірування розташування світильників, точок вимірювання, зняті світлотехнічні показники, напрямок або напрямки для визначення напівциліндричної й вертикальної освітленості в діаграмі.

А.10. Протоколювання контролю стану ОУ

Час включення освітлення		
Початок вимірювань		
Місце вимірювання 1	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	
Місце вимірювання 2	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми	
Місце вимірювання 3	Середня освітленість	
	Відхилення освітленості від норми	

А.11. Вимірювання з автомобіля, що рухається

Вимірювання яскравості	Метод вимірювання, наприклад, фотографування для лабораторного аналізу або точкові вимірювання за допомогою яскравоміра	
	Заходи стосовно урахування можливих втрат через коефіцієнт пропускання вітрового скла	
Вимірювання освітленості	Метод вимірювання з урахуванням тіні від автомобіля	
Вимірювання яскравості й освітленості	Методи сполучення розташування записуючого вимірювального приладу із точкою вимірювання	
	Можлива похибка сполучення розташування записуючого вимірювального приладу з точкою вимірювання	
	Можлива похибка знятого показника	
	Вид розрахунку характеристик	

5. Експлуатація зовнішнього освітлення

5.1. Основні фактори, що впливають на зниження параметрів освітлювальних установок

5.1.1. Забруднення

5.1.1.1. Повітряне середовище залежно від ступеня його забруднення й впливу на освітлювальну установку може бути розділене на три категорії, характеристики яких наведені в табл. 5.1.1.

Таблиця 5.1.1.

Категорія навколишнього середовища	Забруднення	Густина зважених часток, мг/м ³	Зразковий опис навколишніх умов
1	Низьке	0-0,2	Забудова, віддалена від джерел забруднення, гарне озеленення, рух автомобілів середній
2	Середнє	0,2-0,4	Багатоповерхова забудова, рух інтенсивний
3	Високе	0,4-0,6	Промислова зона, наявність надходжень диму й пилу, багатоповерхова забудова, рух високоінтенсивний

Примітка. Категорія 1 збігається з відповідної в рекомендаціях МКО (СІЕ132 -199 154:2003; категорії 2 й 3 укладаються в другу (середню) по МКО.

5.1.1.2. Забруднення ламп й оптичних систем світильників приводить до зниження рівня освітленості (яскравості) в установках зовнішнього освітлення в процесі експлуатації. Зниження носить експоненціальний характер. Закриті світильники, добре ущільнені, мають безсумнівні переваги перед відкритими, відбивачі яких швидко забруднюються. У додатку В (табл. 1) представлені усереднені дані про зниження світлового потоку світильників залежно від ступеня захисту й забруднення навколишнього середовища по рекомендаціях МКО.

Примітка. Забруднення світильників приводить до збільшення нерівномірності розподілу освітленості і яскравості покриття, причому більшою мірою воно впливає на збільшення нерівномірності розподілу освітленості. Тому при визначенні необхідності проведення обслуговування установок допускається обмежуватися вимірюванням середньої освітленості.

5.1.1.3. Для забезпечення підтримки нормованих світлотехнічних параметрів освітлювальних установок вулиць і доріг з регулярним рухом транспорту, а також у зонах забруднення категорії 3 повинні, як правило, використовуватися світильники зі ступенем захисту від впливу навколишнього середовища не нижче IP 53.

5.1.1.4. У зонах категорій 1 і 2, в місцях відсутності руху транспорту (пішохідні вулиці, непроїзні частини площ), добре озеленених місцях (двори житлових просторів, сквери й т.д.) допускається застосування світильників зі ступенем захисту IP23, IP33.

5.1.2. Зміна параметрів світлотехнічних виробів у процесі експлуатації

5.1.2.1. В освітлювальних установках зовнішнього освітлення слід застосовувати енергоекономічні розрядні лампи:

- натрієві лампи високого тиску, що мають високу світлову віддачу, великий термін служби й відносно невеликий спад світлового потоку до кінця терміну служби при задовільній передачі кольору;
- металогалогенні лампи, в яких висока світлова віддача поєднується з гарною якістю передачі кольору;
- розрядні лампи низького тиску, а саме лінійні люмінесцентні лампи Т5, компактні люмінесцентні лампи, натрієві лампи низького тиску;
- обсяг застосування малоефективних ламп (типу ДРЛ) повинен скорочуватися.

В установках з ускладненим доступом для обслуговування світильників доцільно застосовувати безелектродні індукційні лампи, що мають термін служби не менше 50 тис. годин.

Переважні галузі застосування ДС: у транспортних зонах - НЛВТ, НЛНТ; у пішохідних зонах - МГЛ, ЛЛ, КЛЛ і СД.

5.1.2.2. При плануванні витрати виробів необхідно базуватися на реальному терміну служби виробів, визначеному на основі аналізу статистичних даних про відмови світлотехнічних виробів (ламп, ПРА, ІЗУ, ЕУ) у процесі експлуатації. При цьому повинні строго фіксуватися реальні умови роботи ОУ, а саме коливання напруги мережі, температури, вібрації і т.п.

Наближена оцінка впливу відхилень напруги живлення на середню яскравість покриття і термін служби ламп наведена у формулах (1), (2) додатка В.

Зміни параметрів різних типів ламп при коливаннях напруги живлення показані на рис. 1-5 додатку В.

5.2. Екологічні вимоги та їх врахування

5.2.1. Експлуатація зовнішніх освітлювальних установок повинна проводитися відповідно до вітчизняних і міжнародних документів із захисту навколишнього середовища.

5.2.2. Утилізація ламп, що вийшли з ладу, які містять ртуть, повинна проводитися під строгим контролем (див. розділ 5.5).

5.2.2.1. Необхідна чітка організація спеціальних заходів щодо збору, зберігання і вивозу газорозрядних ламп, які вийшли з ладу, на спеціалізовані підприємства для утилізації або на спеціальні смітники для поховання (додаток Г).

5.2.2.2. Забороняється вивозити лампи, що вийшли з ладу, які містять ртуть, на міські смітники, сміттєспалювальні й сміттєпереробні заводи.

5.2.2.3. Забороняється, без попереднього очищення, спускати стічні води ділянки мокрого чищення світильників, включаючи відпрацьовані миючі розчини, в річки, озера, ставки або яри, а також у ґрунт через вбирні колодязі.

Допускаються стоки ділянки мокрого чищення спускати в систему міської каналізації, тому що вони не відрізняються за складом від побутових стоків.

5.2.3. Здійснювати періодичну обрізку розкидистих дерев, які екранують світильники й заважають руху транспорту, допускається тільки в співробітництві й при узгодженні з міськими організаціями з озеленення.

5.2.4. При прийманні в експлуатацію нових освітлювальних установок, а також після проведення їхньої реконструкції або капітального ремонту необхідно робити критичну оцінку можливої її негативної дії на екологію:

- на рівень викиду шкідливих речовин в атмосферу (максимально можливе виконання заходів щодо енергозбереження);
- на життєдіяльність людини (обмеження засвічування вікон, зменшення дискомфорту, створення сприятливого розподілу яскравості й передачі кольору правильним вибором характеристик світильників і ламп);
- на обмеження нічного засвічування небосхилу (вибір світильників зі зменшеною долею світлового потоку у верхню напівсферу);
- на життєдіяльність рослин, комах і тварин (грамотне розміщення світильників у парках, скверах і т.д. і правильний вибір їхніх характеристик: яскравості й світлорозподілу світильників, а також підбір типу лампи за спектральними характеристиками).

5.3. Коефіцієнт запасу (коефіцієнт експлуатації)

5.3.1. Для компенсації спаду рівня освітлення у процесі експлуатації при проектуванні освітлювальних установок вводиться коефіцієнт запасу, значення якого диференційовані залежно від конструктивно-світлотехнічної схеми світильника й застосовуваної в ньому лампи: для освітлювальних установок з лампами НЛВТ - $K_3 = 1,5$ (для світильників зі ступенем захисту IP 23) і $K_3 = 1,4$ (для світильників зі ступенями захисту IP 53 і вище); для освітлювальних установок з іншими розрядними лампами (ДРЛ, МГЛ, ЛЛ, КЛЛ) - $K_3 = 1,6$ й $1,5$ відповідно. Для освітлювальних установок, де допускається застосування ламп розжарювання, $K_3 = 1,4$.

Примітка. У рекомендаціях і Стандартах МКО введений коефіцієнт експлуатації пов'язаний зворотним відношенням з коефіцієнтом запасу. Значення коефіцієнта експлуатації не регламентуються; вони повинні розраховуватися за окремою методикою і разом із програмою обслуговування відображатися у проекті освітлювальної установки. (додаток Д).

5.3.2. При прийманні в експлуатацію нових освітлювальних установок, а також після проведення їхньої реконструкції або капітального ремонту необхідно провадити вимірювання параметрів освітлення на відповідність вимогам норм. Значення вимірюваного рівня освітлення при цьому повинні перевищувати нормовані в межах коефіцієнта запасу, але, як правило, перевищення не повинне бути більше двох.

5.4. Технічне обслуговування освітлювальних установок

Технічне обслуговування включає комплекс робіт, спрямованих на забезпечення безперебійного функціонування установок і запобігання їхньому передчасному зношуванню як при нормальному режимі експлуатації, так і при його раптовому порушенні шляхом своєчасного виявлення і усунення виникаючих відмов і забезпечення регламентного зовнішнього вигляду установок

5.4.1. Склад робіт з технічного обслуговування включає:

- забезпечення регламентованого режиму роботи установок шляхом своєчасного включення, часткового або повного відключення, оперативного контролю придатності й відповідності стану установок заданому режиму;
- підтримування світлотехнічних параметрів установок шляхом заміни ламп, які вийшли з ладу або різко знизили світловий потік, проведення чищення світильників, заміну окремих відбивачів, захисних стекол, пошкоджених або параметри яких знижено, а також ПРА, ІЗУ та ЕУ, відновлення правильного положення кронштейнів світильників, прожекторів відносно освітлюваного об'єкта;

- проведення планового контролю рівнів освітлення в установках замовником на відповідність світлотехнічним нормам;
- здійснення періодичних і позачергових оглядів установок з метою своєчасного виявлення і усунення відмов в їхній роботі;
- проведення фарбування металевих опор і кронштейнів, шаф пунктів живлення щороку в літній період на магістральних вулицях і в місцях масового гуляння;
- вимірювання рівнів напруги й струмів у пунктах живлення на відповідність розподілу світильників за фазами і розміром навантаження;
- виконання невідкладних робіт з ліквідації раптових відмов в установках, у тому числі відмов електроустаткування та пристроїв керування, ушкодження опор і мереж електроживлення;
- участь у прийманні нових установок і пристроїв в експлуатацію.

5.4.2. Режими роботи установок

5.4.2.1. Вечірнє освітлення повинне включатися при природній освітленості 20 лк, а відключатися - ранком, не раніше підвищення природної освітленості до 10 лк.

5.4.2.2. У нічний час допускається передбачати зниження рівня зовнішнього освітлення міських вулиць, доріг і площ при нормованій середній яскравості більше 0,4 кд/м² або середньої освітленості більше 4 лк шляхом включення не більше половини світильників, або без відключення світильників за допомогою регулятора світлового потоку розрядних ламп високого тиску в установці до рівня не нижче 50% її нормованого рівня зовнішнього освітлення.

Не допускається в нічний час відключення кожного другого світильника при однорядному їх розташуванні й установці одного світильника на опорі.

Допускається з метою одержання додаткової економії електроенергії у вечірній і ранковий темний час доби знижувати регулятором рівень освітлення:

- на 30% при зменшенні інтенсивності руху до 1/3 максимальної

величини;

– на 50% при зменшенні інтенсивності до 1/5 максимальної величини.

На вулицях і дорогах при нормованих величинах середньої яскравості 0,3 кд/м², або середньої освітленості 4 лк і менше, на пішохідних містках, автостоянках, пішохідних алеях і дорогах, внутрішніх, службово-господарських і пожежних проїздах, а також на вулицях і дорогах сільських поселень часткове й повне відключення освітлення в нічний час не допускається.

Для об'єктів, освітлення яких має сезонний характер, у неробочу (несезонну) пору року приймають режими роботи установок, аналогічні нічному.

5.4.2.3. При централізованому телемеханічному керуванні включення і відключення освітлювальних установок вулиць, доріг, проїздів, площ, територій мікрорайонів і т.п. повинне проводитися диспетчерським персоналом за графіком, затвердженим для міста в цілому. Відхилення від графіка допускається при несприятливих погодних умовах, але не більше ніж на 15 хв., з фіксацією в журналі чергового диспетчера.

При децентралізованому керуванні відхилення від графіка допускається в межах технічних даних приладів керування, але не більше 15 хв. в ту або іншу сторону.

Чергування персоналу в диспетчерському пункті повинне бути цілодобовим. Оперативний контроль пристроїв централізованого телемеханічного керування освітлювальними установками повинен проводитися відповідно до Регламенту.

5.4.2.4. При виконанні робіт з обслуговування і поточного ремонту установок допускається, з дозволу Центральної диспетчерської служби, робити в денні часи короткочасні пробні включення окремих ділянок установок тривалістю не більше 15 хв., що повинне бути зафіксоване в журналі чергового диспетчера.

5.4.2.5. Освітлювальні установки підземних переходів повинні працювати цілодобово, надземних мостових пішохідних переходів – у режимі роботи установок зовнішнього освітлення міста.

5.4.3. Рівні освітлення і відсоток горіння світильників

5.4.3.1. Освітлювальні установки, які підтримуються в технічно справному стані, повинні мати кількісні і якісні світлотехнічні параметри, передбачені в розділі 4 й у робочих проектах на їх спорудження або реконструкцію і підтверджені при прийманні в експлуатацію.

Вимірювання світлотехнічних параметрів установок повинні проводитися при прийманні нових, реконструйованих і тих, що пройшли капітальний ремонт, установок.

Кількісні значення світлотехнічних показників установок у процесі експлуатації не повинні опускатися нижче 0,9 для магістральних вулиць класів А і Б і 0,85 - для інших об'єктів від нормованого рівня світлотехнічних показників, закладених у їхніх робочих проектах. Методика вимірювань - відповідно до чинних державних стандартів і додатку Б.

5.4.3.2. Відсоток горіння світильників в освітлювальних установках повинен бути: для вулиць і доріг категорії А – 98%, для інших вулиць і доріг — 95%, для дворових територій і мікрорайонів — 90%.

У підземних пішохідних тунелях і надземних мостових пішохідних переходах відсоток горіння світильників повинен становити не менше 90% як у денному, так й у нічному режимі (при числі задіяних світильників у нічному режимі менше 10 допускається один, що не палає).

5.4.3.3. Контрольні об'їзди ОУ обслуговуючим персоналом повинні проводитися не рідше одного разу на місяць, а позапланові — при одержанні скарг від населення або зацікавлених організацій і при аварійних ситуаціях.

5.4.3.4. Відновлення горіння окремих світильників на магістральних вулицях повинне, як правило, виконуватися у строк, що не перевищує 5днів, на

інших об'єктах – у строк не більше 10 робочих днів з моменту виявлення або знаходження повідомлення.

Масову відмову світильників, пов'язану з відмовами розподільної мережі, в обладнанні пунктів живлення і керування усувають протягом доби з моменту виявлення, а на магістральних вулицях упродовж 3-х годин.

5.4.3.5. Пошкодження аварійного характеру повинні усуватися негайно персоналом, наявним у розпорядженні диспетчера.

5.4.3.6. Періодичні огляди й перевірки обладнання та установок проводять в денний час за планами з періодичністю, що відповідає Регламенту.

5.4.4. Порядок приймання в експлуатацію нових і реконструйованих освітлювальних установок зовнішнього освітлення

5.4.4.1. Робочий проект прийнятих в експлуатацію нових або реконструйованих освітлювальних установок повинен повністю відповідати вимогам дійсних норм, що повинне бути підтверджене спільним актом організації-замовника й організації-виконавця проекту.

5.4.4.2. Нові й реконструйовані установки приймає в експлуатацію комісія, до складу якої як обов'язкові члени входять представники замовника, будівельно-монтажній організації і організації, яка приймає установки на баланс й в експлуатацію, а також представники підрядчика, якому установки передаються в експлуатацію.

Освітлювальні установки приймаються комісією після завершення всіх будівельно-монтажних і налагоджувальних робіт відповідно до робочого проекту, погодженого у встановленому порядку з організацією-замовником, що приймає установки на баланс й в експлуатацію.

Робота комісії оформляється актом про приймання в експлуатацію нових або реконструйованих установок за затвердженою формою.

5.4.5. Ремонт установок зовнішнього освітлення

5.4.5.1. Поточний ремонт включає всі роботи з ремонту установок (у період між капітальними ремонтами), що мають на меті забезпечити відновлення нормального зовнішнього вигляду й безпеки обладнання, а також світлотехнічних параметрів установок.

Підрядчиком щорічно повинен складатися і реалізовуватися план поточного ремонту обладнання відповідно до строків, вказаних у Регламенті.

Планування підрядчиком поточного ремонту обладнання установок, як правило, повинне поєднуватись з плануванням технічного обслуговування.

При оцінці якості виконання поточного ремонту слід керуватися вимогами Регламенту.

При проведенні поточного ремонту допускається заміна імпорتنих світильників на вітчизняні аналогічного призначення і близькі за зовнішнім виглядом.

Після проведення поточного ремонту освітлювальних установок світлотехнічні параметри повинні відповідати чинним нормам.

5.4.5.2. Капітальний ремонт проводиться з метою відновлення установок до рівня, близького до первісного при їхньому спорудженні. При капітальному ремонті необхідна комплексна перевірка обладнання із проведенням вимірювань і випробувань, відновленням зношених вузлів і деталей, усуненням всіх виявлених дефектів і т.п. При проведенні капітального ремонту повинне передбачатися виконання вимог, спрямованих на збільшення тривалості безвідмовної роботи обладнання, поліпшення його техніко-економічних показників, безпеки й зовнішнього вигляду.

Склад робіт з капітального ремонту аналогічний складу робіт з поточного ремонту й відрізняється від останнього більшими обсягами проведення ремонтних робіт, заміни елементів обладнання.

Строки виконання капітального ремонту повинні відповідати затвердженій нормативній документації.

У результаті проведення капітального ремонту повинні бути замінені світильники з минулим терміном служби (неремонтопригодні або різко знижені експлуатаційні параметри) на нові світильники з урахуванням максимального збереження однакової їх зовнішньої форми в межах ділянки, вулиці, площі, бульвару, скверу, що ремонтуються.

Джерела світла у світильниках повинні бути повністю замінені на нові переважно з покращеними параметрами.

Пристрої централізованого й децентралізованого керування із закінченням терміну служби, що різко знизили свої експлуатаційні якості, повинні бути замінені на нові або ті, що пройшли капітальний відбудовний ремонт.

Після проведення капітального ремонту необхідно виміряти світлотехнічні параметри освітлювальних установок і порівняти їх значення з нормованими.

Якість й обсяг завершеного капітального ремонту освітлювальних установок перевіряються комісією у складі представників замовника, підрядчика, який приймає установку в експлуатацію, і представника будівельно-монтажної організації.

5.4.5.3. *Реконструкція* освітлювальних установок проводиться за затвердженим робочим проектом й пов'язана з необхідністю заміни фізично або морально застарілого обладнання, включаючи опорні конструкції, світлові прилади, пункти живлення і мережне обладнання з метою підвищення техніко-економічного і якісного рівня установок.

Підставами для планування проведення реконструкції є: перевищення терміну служби основного обладнання, що передбачений нормативно-технічною документацією та інструктивними матеріалами заводів-виробників, зміна категорії об'єкта освітлення шляхово-транспортної мережі, зміна комплексного архітектурного рішення об'єкта, можливість зниження щорічних економічних витрат за рахунок використання нової техніки.

Реконструкція освітлювальних установок вулиць, доріг, площ повинна провадитися за робочим проектом, виконаним відповідно до «Технічних умов

на проектування зовнішнього освітлення» і уточнюючими технічними умовами замовника, який приймає установку на баланс і в експлуатацію.

Приймання реконструйованих установок в експлуатацію повинне проводитися відповідно до вимог п. 5.4.4.

5.4.6. Засоби доступу до світильників зовнішнього освітлення

5.4.6.1. Витрати на обслуговування установок зовнішнього освітлення повинні бути значно зменшені за рахунок вибору відповідного обладнання з оптимальними характеристиками. При виборі обладнання повинні бути враховані такі фактори: висота монтваного обладнання, розміри площадки, сходи, що ведуть до площадки, доступ до світильників.

5.4.6.2. До складу обладнання для технічного обслуговування повинні входити:

Сходи. Пересувні й висувні сходи повинні використовуватися як засіб доступу до світильників. При цьому їх конструкція повинна забезпечувати зручне й безпечне проведення робіт з обслуговування. Електромонтери, які обслуговують світильники зі сходів, повинні мати захисні пояси, які закріплюють при проведенні робіт за яку-небудь нерухому будівельну конструкцію.

При обслуговуванні зі сходів максимальна висота установки світильників має бути не більше 5,5 м.

Автовишки з гідравлічним або механічним приводом повинні застосовуватися з урахуванням забезпечення найбільшої висоти підйому робочої площадки, найбільшої вантажопідйомності, необхідної швидкості підйому й опускання робочої площадки. Базова машина - вантажівка.

Спускні пристрої для високомачтового освітлення.

Вакуумні очисники й повітрорудки слід використовувати для видалення пилу з освітлювального обладнання в місцях з утрудненим доступом до світильників.

Складані опори та інші піднімаючі й опускаючі пристрої, повинні використовуватися для опускання до необхідного рівня і підняття світильника до робочого рівня.

5.4.7. Технологія технічного обслуговування

5.4.7.1. Чищення світильників повинне проводитися або на місці, або в спеціальних майстернях, оснащених відповідним обладнанням.

Примітка. Методи чищення світильників перераховані в додатку Б.

5.4.7.2. Не менше раз у рік повинен проводитися контроль фактичної освітленості за методиками додатку Б.

Зниження рівня освітлення, пов'язане зі зниженням світлового потоку й зміною світлорозподілу світлотехнічних виробів, а також із забрудненням світильників повинне бути усунуте під час технічного обслуговування із заміною ламп, чищенням і заміною компонентів установки.

Примітка. Технічне обслуговування показане на рис. 1 додатка Ж.

5.4.7.3. Заміна ламп повинна проводитися одним з трьох способів:

- індивідуальна заміна, коли заміняється кожна лампа, яка вийшла з ладу;
- групова заміна, коли заміняються всі лампи (які вийшли з ладу й ще придатні) у визначений момент часу, що відповідає тривалості меншій, ніж номінальний термін служби ламп;
- індивідуально-групова заміна, коли в проміжках між груповими замінами проводять індивідуальну підзаміну перегорілих ламп.

При виборі найбільш економічного способу заміни ламп повинні бути враховані:

- тип застосовуваних ламп і доступність до світильників;
- вартість ламп і праці при їхній заміні;
- тривалість роботи ламп протягом року;
- вартості під'їзду, видалення і утилізації ламп, які відпрацювали свій строк.

5.4.7.4. Чищення світильників слід сполучати із заміною ламп. Періодичність чищень повинна відповідати вимогам Регламенту стосовно до різних умов навколишнього середовища й конструктивного виконання світильників.

Примітка. У додатку Ж наведені розрахункові формули (за матеріалами МКО) для оцінок вартості замін ламп й оптимальної періодичності чищення світильників.

5.5. Забезпечення екологічної безпеки

5.5.1. Всі елементи світильників, що вийшли з ладу (лампи, ПРА, конденсатори, захисні оболонки) і становлять екологічну небезпеку, повинні бути утилізовані.

5.5.2. Розрядні джерела світла, що містять ртуть (ЛЛ, КЛЛ, ДРЛ, ДРІ, НЛВТ), необхідно вивозити на спеціалізовані підприємства для демеркурізації з метою наступної безпечної утилізації або повторного використання витягнутих токсичних та інших компонентів.

5.5.3. Утилізація натрієвих ламп, що містять металевий натрій, повинна бути строго контрольована й проводитися у спеціальних умовах через небезпеку утворення горючого й вибухонебезпечного газоподібного водню при зіткненні з водою.

5.5.4. Заходи й засоби утилізації ламп повинні відповідати сучасним екологічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

5.6. Економіка експлуатації

5.6.1. Вартість експлуатації

5.6.1.1. При визначенні витрат на освітлювальну установку при її техніко-економічній оцінці повинні розраховуватися річні експлуатаційні витрати. Методика розрахунку наведена в додатку К.

5.6.1.2. Зниження експлуатаційних витрат на освітлення повинне забезпечуватися за рахунок:

- підвищення зручності доступу до світильників;

- виключення перенапруги в електричній мережі, що приводить до різкого зниження терміну служби ламп і збільшення споживаної потужності;
- організації і проведення моніторингу (див. п.5.6.2).

5.6.2. Моніторинг

5.6.2.1. Моніторинг — систематичне патрулювання для перевірок роботи й виявлення пошкоджень зовнішнього освітлення – повинен проводитися за планами й графіками обов'язково, складеними експлуатуючою організацією.

5.6.2.2. Моніторинг варто виконувати за допомогою мобільної лабораторії, оснащеної необхідним і достатнім набором технічних засобів для вимірювання різних параметрів і фіксації пошкоджень зовнішнього освітлення.

5.6.2.3. Оптимальні інтервали моніторингу повинні визначатися на основі техніко-економічних розрахунків, що враховують прямі (вартість моніторингу) й непрямі (соціальні показники, вартість позапланових ремонтів) показники. Варіант розрахунку інтервалів моніторингу наведений в додатку Л.

Основні експлуатаційні характеристики світлотехнічних виробів

Таблиця 1 - Коефіцієнт зниження світлового потоку світильників у результаті забруднення (за матеріалами МКО, коефіцієнт LMF)

ІР оптичного блоку	Оцінка забруднення	Тривалість впливу (роки)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	Середня	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Низька	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Середня	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Низька	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Середня	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Низька	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Наближена оцінка впливу відхилень напруги живлення (у межах $\pm 10\%$) на рівень яскравості покриття може бути виконана на основі формули

$$L_{вст} = L_{вст.ном} \left[1 - K_{np} \left(1 - \frac{U_{вим}}{U_{ном}} \right) \right], \quad (1)$$

де $L_{вст.ном}$ – середня яскравість покриття при номінальній напрузі мережі, $U_{ном}$; $L_{вст}$ – середня яскравість покриття при напрузі $U_{вим}$, відмінній від номінальної (не більш ніж $\pm 10\%$); K_{np} – значення зміни світлового потоку джерела світла (у відсотках) на 1% зміни напруги живлення. Для ламп ДРЛ і ламп НЛВТ: $K_{np} = 2$, для ламп ДРІ $K_{np} = 3$.

Очікуваний термін служби ламп $T_{сер}$ може бути визначений як

$$\tau_{сер} = \frac{\tau_n}{\sum \frac{a_i}{\tau_i}}, \quad (2)$$

де τ_n – номінальний термін служби ламп в умовах стабільної номінальної напруги U_n ; a_i – відносна тривалість інтервалу з напругою $U_{вим}$; τ_i – термін служби ламп при напрузі $U_{вим}$, у відсотках від номінального.

Охорона навколишнього середовища й газорозрядні лампи

Ртуть займає одне з перших місць у «чорних списках» речовин, що підлягають особливому екологічному й гігієнічному контролю. Це обумовлено її екологічними, геохімічними й токсикологічними властивостями, що проявляються в широкому спектрі негативних впливів на живі організми.

Відповідно до діючих норм гранично припустима концентрація (ГПК) парів металеві ртуті в повітрі робочої зони становить $0,01 \text{ мг/м}^3$ (при середньозмінному значенні ГПК, рівному $0,005 \text{ мг/м}^3$). ГПК ртуті для повітря, яким дихають жителі населених пунктів, не повинні перевищувати $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

У вітчизняних люмінесцентних лампах загального застосування міститься від 30 до 50 мг ртуті, у лампах ДРЛ - від 25 до 100 мг (за даними Європейських виробників: у ЛЛ - 15 мг; у КЛЛ - 5 мг; у МГЛ і ДРЛ - по 30 мг), тому загальний об'єм ртуті, що викидається щорічно з лампами, які вийшли з ладу, виявляється високим. Це може згубно позначитися при неупорядкованому зберіганні й вивозі ламп не тільки на смітники, сміттєспалювальні й сміттєпереробні заводи, але й безпосередньо в приміщення і територію підприємств, які займаються експлуатацією установок. Необхідно виключити випадки безладного викидання і побиття ламп.

Перегорілі лампи повинні акуратно збиратися і зберігатися в пакувальній тарі в призначених для цього приміщеннях (складах) до вивозу в пункти утилізації, дезактивації або поховання, які визначають місцеві органи відповідно до СНіП 2.01.28 - 85. Слід вести звітність по лампах, що містять ртуть і ртутні з'єднання.

Якщо лампа з якої-небудь причини розбилася у приміщенні, необхідно зібрати ртуть або амальгаму гумовою грушею, а місце, де розбилася лампа, промити однопроцентним (не менше) розчином марганцевокислого калію або

хлорного заліза. Персонал, який працює з лампами, що містять ртуть або ртутні з'єднання, повинен мати в своєму розпорядженні вказані хімічні речовини.

Комплекс заходів з охорони навколишнього середовища з погляду утилізації ртутньомістких відходів включає:

— організацію збору газорозрядних ламп, що містять ртуть, які вийшли з ладу; ведення звітності бригад за здачу замінюваних в установках зовнішнього освітлення указаних ламп;

— організацію зберігання ламп, які вийшли з ладу, у спеціально відведених для цієї мети приміщеннях і вивіз їх на спеціалізовані підприємства для утилізації або на спеціальні смітники для поховання.

Методика розрахунку коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки за рекомендаціями МКО

Коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки (MF), рівний $1/K_3$, для конкретного часу розраховують за формулою (у разі, якщо немає відбиваючих поверхонь):

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF, \quad (1)$$

де LLMF - коефіцієнт зниження світлового потоку лампи;

LSF - показник живучості лампи (частина повної кількості ламп, які продовжують працювати після зазначеного часу роботи);

LMF - коефіцієнт експлуатації світильника.

Величина кожного показника залежить від конкретної лампи, світильника, оточуючих умов і часу.

Приклад розрахунку:

1. Вибір типу лампи й світильника.
2. Визначення періодичності групової заміни ламп.
3. Визначення коефіцієнта зниження світлового потоку лампи LLMF з таблиці 1 за період, встановлений на етапі 2.
4. Визначення показника живучості лампи LSF з таблиці 2 (якщо потрібно).
5. Визначення інтервалу чищення світильників і навколишніх поверхонь (якщо потрібно).
6. Виходячи зі ступеня захисту IP світильника, категорії забруднення навколишнього середовища й періодичності чищення визначення величини коефіцієнта експлуатації світильника LMF з таблиці 1 додатку В.
7. Обчислення коефіцієнта освітлювальної установки MF за формулою (1).

Якщо необхідно, обчислюють коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки для декількох варіантів, змінюючи вихідні параметри.

Таблиця 1 - Значення коефіцієнта зниження світлового потоку ламп (LLMF)

Тип лампи	Тривалість роботи лампи (у тис. год.)				
	4	6	8	10	12
НЛВТ	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
МГЛ	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
ДРЛ	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
НЛНТ	0,98	0,96	0,93	0,92	0,91
ЛЛ 3-х комп галофосфат	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
КЛЛ	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

Таблиця 2 - Значення показника живучості ламп (LSF) - частини повної кількості ламп, які продовжують працювати

Тип лампи	Тривалість роботи лампи (у тис. год.)				
	4	6	8	10	12
НЛВТ	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
МГЛ	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
ДРЛ	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
НЛНТ	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
ЛЛ 3-х комп галофосфат	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
КЛЛ	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

Приклад розрахунку коефіцієнта експлуатації*Місце*

Міські автомобільні дороги на окраїнах великих промислових міст

Система освітлення

12-ти метрові опори, обладнані 2-ма світильниками зі ступенем захисту IP65,
з лампами типу НЛВТ

Умови роботи

4000 годин у рік (від сходу до заходу сонця)

Графік обслуговування

Чищення й заміна ламп - один раз в кожні три роки

З табл. 1 (додаток Д) визначимо $LLMF = 0,90$ для 12000 годин періодичності заміни

З табл. 1 (додаток В) визначимо $LMF = 0,87$ для світильників зі ступенем захисту IP65.

Отримуємо: $MF = 0,90 \times 0,87 = 0,783 = 0,78$

Якщо чищення виконується щорічно, $LMF = 0,92$ й $MF = 0,90 \times 0,92 = 0,828 = 0,83$. Це робить установку ефективнішою на 5%, може забезпечити економію більше 5% на установку для підтримки розрахункової яскравості/освітленості.

Примітки.

- 1. Для досягнення необхідної освітленості можуть бути розглянуті різні графіки обслуговування.*
- 2. Загальною практикою є одночасна заміна ламп і чищення світильників, але чищення ламп і світильників між зміною ламп може бути вигідне при великому забрудненні або при подовженні періоду між замінами ламп.*
- 3. Коефіцієнт експлуатації не залежить від часу горіння ламп.*

Методи чищення світильників

1. Для чищення світильників від забруднення використовують наступні методи:

- сухе чищення з використанням дрантя;
- мокре чищення (мийка) холодним миючим розчином на основі мила;
- мокре чищення (мийка) гарячим миючим розчином на основі мила;
- мокре чищення (мийка) гарячим спеціальним миючим розчином на основі синтетичних мийних засобів (СМЗ).

Мокре чищення супроводжується обов'язковим ополіскуванням світильників у чистій воді.

2. Сухе чищення, проведене змінюваним дрантям, ефективно тільки для закритих відсіків світильників, експлуатованих в умовах слабого або середнього запилення повітряного середовища.

3. Мокре чищення холодним миючим розчином більш ефективно ніж сухе, і може бути рекомендоване для чищення силікатних і пластмасових розсіювачів відкритих і закритих світильників. Такий спосіб чищення не рекомендується для відбивачів, виготовлених методом електрохімічної гальванізації.

4. Найбільш ефективно мокре чищення алюмінієвих відбивачів, у тому числі виготовлених методом електрохімічного полірування, гарячим (60-80°C) миючим розчином на основі синтетичних мийних засобів (СМЗ) з низьким піноутворенням і які не містять соду кальциновану й хімічні відбілювачі типу перборату й перкарбонату. Ефективність чищення підвищується при наявності руху миючої рідини. Природно, що процес чищення таких відбивачів вимагає механізації в умовах майстерень.

Відбиваюча здатність, відбивачів зі слідами поверхневої корозії не може бути відновлена після проведення мокрого чищення гарячим миючим розчином.

5. Алюмінієві відбивачі, виготовлені методом електрохімічної гальванізації, зі слідами корозії повинні замінятися на нові або відновлюватися. Відновлювати їх рекомендується шляхом проведення повторного повного процесу електрохімічного полірування (включаючи процес оксидування) в умовах спеціалізованих майстерень заводу.

6. Відбивачі, виготовлені методом алюмініювання у вакуумі, в яких дзеркальний шар обсипається, оголюючи підкладку, повинні замінятися.

7. Оптичні відсіки закритих дзеркальних світильників, які працюють в умовах слабкого або середнього запилення повітряного середовища (менш $0,4 \text{ мг/м}^3$) ефективно очищаються шляхом проведення сухого чищення змінюваним дрантям.

8. Для розсіювачів з полікарбонату, поліметилметакрилату та ін., а також із силікатного скла рекомендується мокре чищення з використанням миючих розчинів.

Пожовтіння, коричневі плями, які з'являються у процесі експлуатації на прозорому або опаловому пластмасовому розсіювачі, або захисних стеклах, які не можуть бути усунуті чищенням, не повинні ставитися в провину експлуатуючим підприємствам при оцінці якості їхньої роботи, тому що це пов'язано зі зміною самого матеріалу.

9. Відновлювати лакофарбові покриття світильників треба відповідно до інструкції з експлуатації світильників. Зовнішнє фарбування корпусу світильника повинне відповідати фарбуванню світильників, застосовуваних в установках. Фарбування світильників безпосередньо в установках необхідно проводити при припустимих погодних умовах.

Методика визначення оптимальних режимів обслуговування ОУ за рекомендаціями МКО

Вплив технічного обслуговування показано на рис. 1. Чітко видно зниження рівня освітлення при відсутності обслуговування. Освітленість за 3 роки падає приблизно на 65% від початкового значення і продовжує знижуватися. При ретельному чищенні зниження не перевищує 40%.

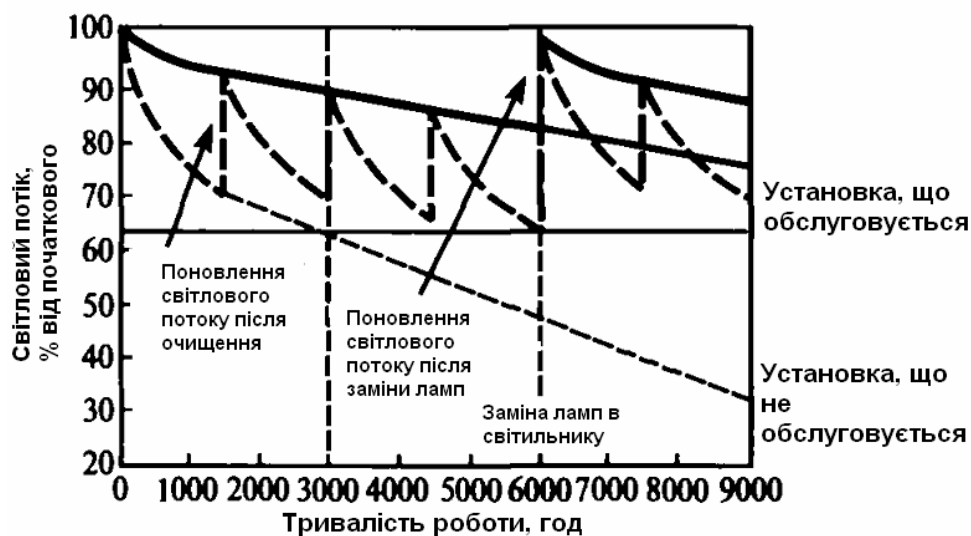


Рис. 1 - Стан установки в процесі робіт

Розрахункові формули для оцінки вартості заміни ламп (за матеріалами МКО)

Вартість індивідуальної заміни лампи C_s :

$$C_s = L + S + E + D,$$

де L - вартість лампи;

S - вартість праці (включаючи початкові витрати);

E - вартість під'їзду;

D - вартість видалення й ліквідації лампи.

Вартість заміни групи ламп C_g :

$$C_g = L + B + E + D,$$

де L - вартість лампи;

B - вартість групової заміни ламп у перерахунку на одну лампу;

E - вартість під'їзду;

D - вартість видалення і ліквідації лампи.

Вартість індивідуально-групової заміни ламп на одну штуку C_t :

$$C_t = C_g + FC_s,$$

де F - частка заміненних ламп, які вийшли з ладу до закінчення встановленого терміну (повторної установки).

Примітка. Лампи можуть бути закуплені у великій кількості й зберігатися для індивідуальної заміни. Запасні лампи можуть бути частиною початкових капітальних витрат.

Якщо придатні лампи (тобто ті, які використовувалися для індивідуальної заміни в другій половині групової заміни), використовують для наступної індивідуальної заміни, тоді FC_s можна спростити до FS .

Визначення оптимальної періодичності чищення світильників (за матеріалами МКО)

Чищення світильників.

Оптимальна періодичність чищення T для світильників досягається, якщо ціна втраченого світлового потоку дорівнює вартості чищення. Оптимальна періодичність T може бути визначена з виразу

$$T = C_c/C_a + 2C_c/LMP^{(1)} C_a \text{ років,}$$

де T – оптимальна періодичність чищення;

C_c – вартість чищення одного світильника;

C_a – річна вартість зберігання і роботи світильника без чищення;

$LMP^{(1)}$ – величина коефіцієнта експлуатації світильника в перший рік.

Значення наведені в колонці 3 таблиці 1 додатку В.

Примітка 1: C_c - вартість чищення включає вартість чистячого засобу, спеціального інструмента, використання вишки й праці. На вартість праці може впливати тривалість самого чищення.

Примітка 2: C_a - вартість роботи включає амортизаційні витрати на монтаж (частина капітальних витрат у перерахунку на рік), річну вартість електроенергії (рівну використаної енергії у кВт·год помноженої на вартість одиниці електроенергії і вартість заміни лампи (вартість ламп і праці, витраченої на заміну за рік).

Методика розрахунку річних експлуатаційних витрат освітлювальної установки

Річні експлуатаційні витрати розраховують на 1 м^2 проїзної частини вулиць, доріг, проїздів і площ, тобто визначаються питомі величини.

Питомі експлуатаційні витрати визначають за формулою

$$C = C_e + C_l + C_{об}, \quad (1)$$

де C_e – питома вартість електроенергії за рік, грн./ м^2 ;

C_l – питома вартість замінюваних ламп за рік, грн./ м^2 ;

$C_{об}$ – питома вартість обслуговування установки за рік, грн./ м^2 .

Примітка. Відповідно до Норм амортизація по спорудах міського благоустрою не нараховується.

Значення C_e , C_l , $C_{об}$ знаходять за формулами

$$C_e = \xi P_{св} T K_3; \quad (2)$$

$$C_l = K_l T m M/T_l L b; \quad (3)$$

$$C_{об} = J_{об} (K_c + K_l)/L b, \quad (4)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі, прийнятий рівним 1,03;

$P_{св}$ – потужність світильників, Вт;

T – число годин горіння світильників за рік, год.;

K_e – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн;

K_c – вартість одного світильника без лампи, грн;

K_l – вартість ламп у світильнику, грн;

T_l – термін служби ламп, год.;

$J_{об}$ – коефіцієнт відносних витрат на обслуговування світильників;

m – число світильників на опорі, шт.;

M – кількість рядів світильників уздовж освітлюваної смуги, шт.;

L – крок ліхтарів або окремих світильників, м;

b – ширина проїзної частини вулиці, проїзду, м.

Методика визначення інтервалів моніторингу за рекомендаціями МКО

Наведена для того, щоб допомогти розрахувати невеликі інтервали патрулювання з ефективною вартістю для установок дорожнього освітлення. Вони містять в собі показники вартості, безпосередньо не пов'язані з періодичністю нічного патрулювання, але відчують її вплив.

Вартість моніторингу змінюється пропорційно зміні його періодичності.

На вартість ремонту впливають інтервали патрулювання. При збільшенні інтервалу, зростає число ремонтів, які повинні бути виконані на цій ділянці, збільшується відношення: обсяг робіт, час переміщення для ремонту. Оптимум досягається при відношенні, рівному 2,5%.

- **Соціальний показник вартості (SCF).**

Патрулювання виконується головним чином для зниження періоду часу між пошкодженням і наступним ремонтом світильника. Ефективність вартості патрулювання може бути оцінена щодо вартості непрацюючого світильника, яка дорівнює сумі вартостей забезпечення, фінансування, подачі електроенергії й обслуговування світильника. Вартість визначена як соціальний показник вартості (Social Cost Factor).

- **Непланові ремонти (OSR)**

Більша частина теоретичної економії досягається збільшеними інтервалами патрулювання, що на практиці «з'їдається» індивідуальними, суспільними причинами патрулювання. Ці позапланові роботи (Out of Schedule Repair) збільшують витрати на адміністрацію і робочі витрати й зменшують число ремонтів при стандартному візиті фахівців для ремонту. Тому ефективність вартості такого візиту зменшується.

Розрахунок доцільності періодичності патрулювання

$$\text{Вартість моніторингу} = \frac{\text{Вартість години роботи} \times \text{число патрулів}}{\text{Число патрулюючих світильників у годину}} \quad (1)$$

(розраховуючи на світильник за розглянутий період) (за розглянутий період)

$$\text{Вартість ремонту} = \frac{\text{Вартість робіт за день}}{\text{Число відремонтованих світильників}} \times \frac{\% \text{ виходу з ладу}}{100} \quad (2)$$

(розраховуючи на світильник за період)

Соціальний показник вартості (SCF):

$$\text{Річна вартість} = \frac{\text{Середні капітальні витрати}}{\text{Термін служби (роки)}} + \text{Вартість ел. ен.} + \text{Вартість обслуговування} + \text{Амортизація} \quad (3)$$

$$\text{Вартість світильника за розглянутий період} = \text{Річна вартість} \times \frac{\% \text{ годин горіння за період}}{100} \times \frac{\text{Середній час негоріння в тиждень}}{\text{Число тижнів за період}} \times \frac{\% \text{ годин негоріння за період}}{100} \quad (4)$$

Примітка. За розглянутий період звичайно приймається літо або зима, але може бути цілий рік чи будь-яка його частина.

Середній час негоріння = Половина періодичності моніторингу + Середній час ремонту (середній час ремонту включає затримки подачі деталей).

Середня вартість позапланових ремонтів (OSR) за період негоріння = (вартість кожного незапланованого ремонту × % ремонтів, виконаних поза графіком) + (вартість кожного планового ремонту × % ремонтів, виконаних за графіком).

Підстановка вартості запланованих ремонтів дає середню збільшену вартість на період горіння, викликаний узятими OSR.

Ця величина може бути віднесена до розглянутого періоду часу множенням на відсоток негоріння за період.

Список літератури

1. Федеральний закон Росії «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» - М., 1999.
2. ELCF DL (1997) Discharge lamps and the environment. European Lighting Companies Federation 4th edition. Brussels.
3. ELCF R (1998) Collection and recycling of end of life light sources. European Lighting Companies Federation 2th edition. Brussels.
4. CIE 150: 2003 Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations.
5. Ртуть. Нормативные и методические документы. Справочник. - СПб: Мониторинг, 1999.
6. Эколого-геохимические проблемы ртути. – М.: ИМГРЭ, 2000.
7. Иванов И.П., Комиссаров Г.В., Петренко В.М. Установка демеркуризации люминесцентных ламп/ Светотехника. – 2000. - № 3.
8. Косорукова Н.В., Янин Е.П. Утилизация отходов ртутьсодержащих изделий: состояние и проблемы/ Светотехника. - 2002. - № 3.
9. Манцано Е.Р., Сан Мартин Р. Загрязнение окружающей среды отходами от эксплуатации установок уличного освещения/ Светотехника. - 2004. - № 6.
10. Довідкова книга з світлотехніки під редакцією Ю.Б. Айзенберга, видання 3-є. - М.: Знак, 2006.

Частина II

Освітлення автотранспортних тунелів

Передмова

Ця частина містить норми, які визначають вимоги до штучного освітлення автотранспортних тунелів на території міст.

Розроблені на основі Технічного звіту Європейського комітету зі стандартизації (CEN) (*Report CR 14380 Lighting application — Tunnel lighting, Brussels. 2003*) і Рекомендацій Міжнародної комісії з освітлення (МКО) (*Publication: CIE 88. Guide for the lighting of road tunnels and underpasses* Vienna. 1990*).

1. Область застосування

1.1. Норми поширюються на проектування штучного освітлення знову споруджуваних і реконструйованих автотранспортних тунелів на автомобільних дорогах і вулицях загального користування усіх категорій з моторизованим транспортним потоком, розташовуваних в адміністративній межі міста.

1.2. Норми не поширюються на автотранспортні тунелі для змішаного транспортного потоку, тунелі рейкового транспорту, а також пішохідні тунелі та інші підземні переходи.

1.3. Норми є обов'язковими для всіх організацій, незалежно від форми власності й організаційно-правової форми, які здійснюють діяльність в області проектування, будівництва й експлуатації автотранспортних тунелів.

2. Нормативні посилання

У нормах використані посилання на наступні нормативні документи:

- СНіП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;
- ПУЕ, 7-е вид., 2002;
- ГОСТ Р 12.4.026-2001. «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний»;

- ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99. «Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения»;
- Европейский стандарт EN 1838 «Аварийное освещение» в редакции BS EN 1838.1999 (BS 5266-7:1999). British Standard. Lighting applications - Emergency lighting.

3. Термінологія

У цих нормах використані терміни й визначення відповідно до додатка М.

4. Загальні положення

4.1. Транспортні зони тунелів, службово-технічні, допоміжні й інші притунельні приміщення повинні мати штучне стаціонарне робоче й аварійне освітлення.

4.2. Робоче освітлення у транспортній зоні повинне створювати в денний і нічний час такі умови видимості навколишнього оточення, при яких забезпечується необхідний ступінь безпеки й зорової комфортності водія при проїзді по тунелю із установленою швидкістю.

4.3. Робоче освітлення транспортної зони тунелю повинне передбачати денний і нічний режими.

4.4. Нормування освітлення тунелів базується на понятті «відстань безпечного гальмування» (ВБГ). Вихідні значення (ВБГ) залежно від швидкості руху транспортного засобу наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Відстань безпечного гальмування

	Швидкість руху, км/год.				
	40*	60	80	100	120
Відстань безпечного гальмування, м	25	55	100	155	220

* Використовується на бокових в'їздах у тунель

Примітка. Зазначені значення ВБГ відповідають нахилу поздовжнього профілю дорожнього полотна в під'їзній зоні до 10%. При нахилу 10% і більше значення ВБГ слід збільшити на 3% при спуску або зменшити на 2,5% при підйомі на кожні 10% нахилу до в'їзного порталю.

4.5. За особливостями освітлення тунелі підрозділяються на довгі й короткі. Короткими вважаються тунелі довжиною до 125 м, в яких не менше 20% площі рамки вихідного порталу видно водієві транспортного засобу, який знаходиться на ВБГ перед в'їзним порталом, при перегляді через рамку в'їзного порталу. При відсутності на стадії проектування можливості визначити видимість рамки вихідного порталу рекомендується користуватися даними про довжину тунелю і його кривизну в плані (табл. 2), за якими установлюється необхідність освітлення короткого тунелю в денному режимі і його рівень стосовно рівня освітлення довгого тунелю. Всі основні вимоги, викладені нижче, стосуються довгих тунелів.

4.6. Залежно від характеру руху (одnobічне або двобічне) і інтенсивності транспортного потоку по основному напрямку тунелі підрозділяються на три класи за освітленням відповідно до табл. 3.

Таблиця 2 - Освітлення коротких тунелів у денному режимі

Довжина тунелю, м	Радіус кривої в'їзної ділянки в плані	Освітлення в денному режимі
до 25	будь-який	не потрібно
від 25 до 75	350 м і більше	
	від 75 до 125	менш 350 м
більше 125		350 м і більше
	менш 350 м	
	будь-який	

Таблиця 3 - Класифікація тунелів за освітленням

Клас тунелю при інтенсивності руху, од./год./на смугу					
одnobічне			двобічне		
< 500	500 – 1500	> 1500	< 100	100 – 400	> 400
1	2	3	1	2	3

Примітка. При наявності факторів, що погіршують умови безпеки або комфортності руху в тунелі, наприклад, наявність бічних в'їздів і виїздів, клас тунелю може бути підвищений на один ступень за винятком класу 3.

4.7. У денному режимі для полегшення зорової адаптації водіїв повинен бути забезпечений плавний перехід від природного освітлення при в'їзді в тунель до істотно більше низьких рівнів штучного освітлення основної частини тунелю, а також зворотний перехід при виїзді з нього. Із цією метою в тунелі варто виділяти чотири яскравісні зони: граничну, перехідну, внутрішню і виїзну, а перед в'їзним порталом - під'їзну зону відповідно до рис. 1. Яскравісний режим і довжину кожної зони призначають з урахуванням проектної швидкості й інтенсивності руху транспорту, довжини тунелю, його кривизни в плані й профілі, орієнтації в'їзного порталу відносно сторін світу й містобудівної обстановки довкола нього.

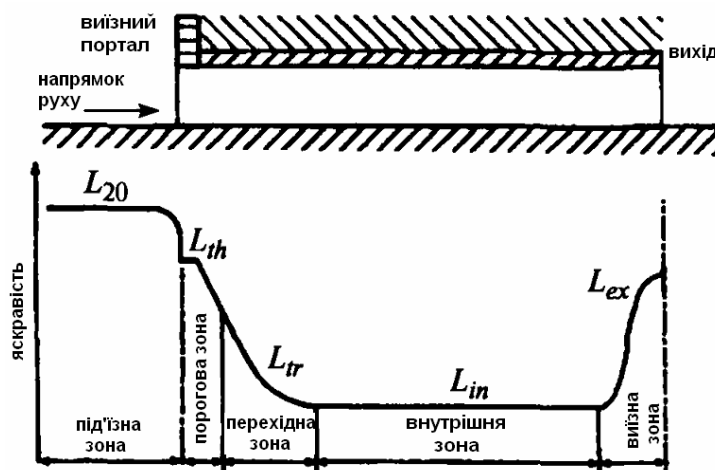


Рис. 1 - Схема розташування яскравісних зон тунелю

У нічному режимі весь тунель розглядається як єдина яскравісна зона.

4.8. Основними характеристиками робочого освітлення транспортної зони тунелю в денному й нічному режимі, регламентованими залежно від класу тунелю, є:

- зональний розподіл середньої яскравості дорожнього покриття й нижньої частини стін;
- рівномірність розподілу яскравості по полотну дороги й нижньої частини стін;
- показник, що характеризує сліпучу дію світлових приладів;
- частота мелькання світлових приладів (флікер-ефект).

4.9. Коефіцієнт запасу освітлювальної установки в транспортній зоні тунелю слід приймати рівним 1,7 при двох чищеннях світильників за рік.

4.10. Розрахунок і вимірювання нормованих показників варто проводити за методиками для розрахунку й вимірювань аналогічних показників освітлення доріг і вулиць, наведених у додатках А і Б цих норм. Особливості розрахунку й вимірювання яскравості дорожнього покриття й стін тунелю викладені в Додатку Л.

Примітка. Комп'ютерні програми, використовувані для розрахунку нормованих параметрів, повинні базуватися на вказаній методиці розрахунку.

5. Нормовані показники

Розподіл яскравості в денному режимі

5.1. Порогова зона. Порогова зона відраховується від в'їзного порталу, а її довжина приймається рівною ВБГ. На першій половині зони величина середньої яскравості дорожнього покриття L_{th} повинна бути постійною й не нижче значення, встановленого за формулою

$$L_{th} \geq kL_{20},$$

де k – коефіцієнт, значення якого залежно від класу тунелю й ВБГ наведені в табл. 4. Яскравість адаптації L_{20} визначається відповідно до додатку П.

Таблиця 4 - Нормовані значення відношення середньої яскравості дорожнього покриття граничної зони до яскравості адаптації $k = L_{th}/L_{20}$, %

Клас тунелю	Відстань безпечного гальмування, м					
	60 і менш	80	100	120	140	160 і більше
3	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,0
2	3,0	3,5	4,0	4,4	4,7	5,0
1	2,0	2,5	3,0	3,4	3,7	4,0

Примітка. Для бокових в'їздів у тунель при ВБГ менше 55 м застосовується норма до=1,5 %

У другій половині зони середня по поперечному перерізі яскравість повинна лінійно спадати, досягаючи до кінця зони 40% від початкового значення.

Примітка. У тунелях, які мають при в'їзді ділянки з відкритими прорізами в стінах або перед в'їзним порталом сонцезахисні екрани, гранична зона відраховується від початку цих ділянок. У цьому разі розподіл яскравості в граничній зоні визначається з урахуванням дії денного світла й повинен мати такий же характер, як і при штучному освітленні.

5.2. Перехідна зона. У перехідній зоні поздовжній розподіл середньої по поперечному перерізі яскравості дорожнього покриття L_{tr} при видаленні від граничної зони повинен мати плавно спадаючий характер (рис. 2). При цьому відношення L_{tr}/L_{th} , повинне бути не нижче значень, обумовлених емпіричною кривою спаду яскравості перехідної зони:

$$L_{tr}/L_{th} = (3,6 d/v + 1,9)^{-1,4},$$

де d - відстань вглибині тунелю від початку перехідної зони, м; v - швидкість руху, км/год.

Допускається східчастий розподіл яскравості L_{tr} , при цьому кожна ступінь повинна бути не нижче кривої спаду яскравості перехідної зони, а перепади яскравості при переході від ступеня до ступеня не повинні перевищувати відношення 1:3. Кінець перехідної зони визначається місцем, де яскравість L_{tr} спадає до 3-х кратної величини середньої яскравості внутрішньої зони L_{in} .

У нерозділених тунелях (із зустрічним рухом) граничну й перехідну зони слід влаштовувати з боку кожного portalу.

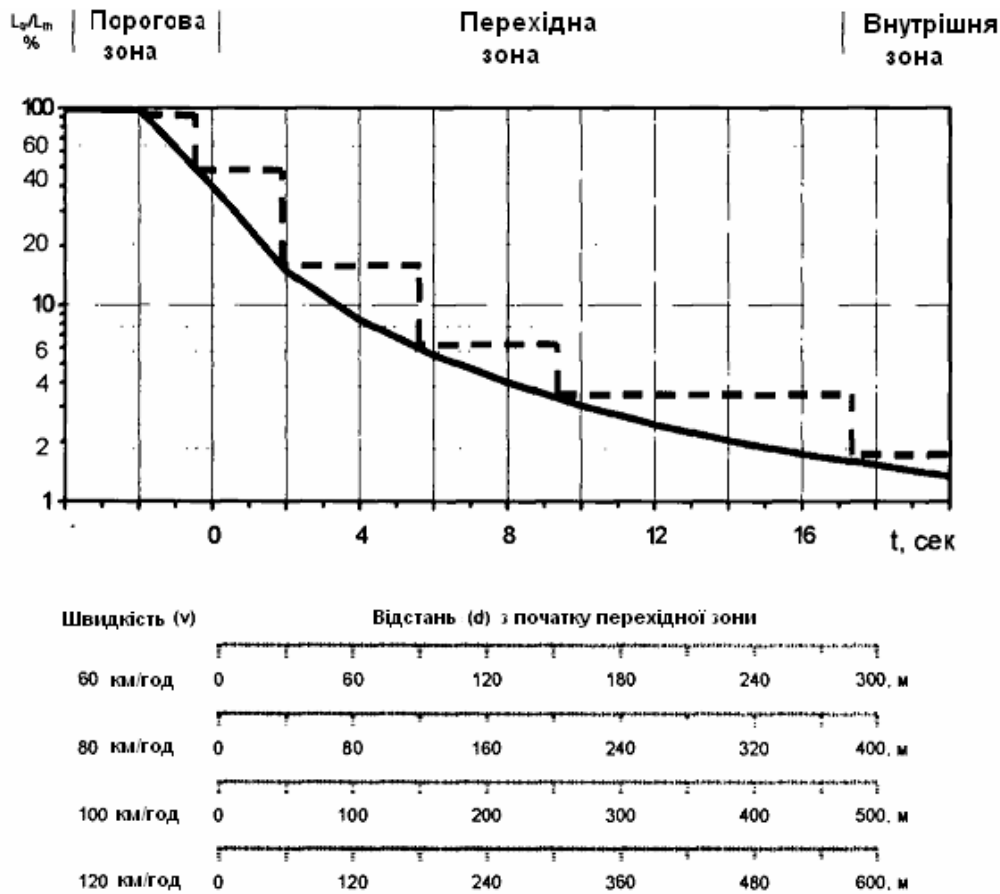


Рис. 2 - Крива спаду яскравості дорожнього покриття в перехідній зоні.

Пунктиром показаний приклад східчастої апроксимації цієї кривій.

5.3. Внутрішня зона. У внутрішній зоні, тобто основній зоні тунелю регламентується постійний рівень середньої яскравості дорожнього покриття L_{in} , мінімально припустимі значення якої залежно від класу тунелю й ВБГ наведені в табл. 5.

5.4. Виїзна зона. Для тунелів класу 3 рекомендується, починаючи із ВБГ перед виїзним порталом, влаштовувати зону, в якій середня по поперечному перерізі яскравість дорожнього покриття L_{ex} лінійно зростає, досягаючи за 20 м до виїзного portalу 5-ти кратного значення середньої яскравості внутрішньої зони L_{in} . Для тунелів класу 1 і 2 виїзна зона може не створюватися.

Таблиця 5 - Нормовані значення середньої яскравості дорожнього покриття внутрішньої зони, кд/м²

Клас тунелю	Відстань безпечного гальмування, м					
	60 і менше	80	100	120	140	160 і більше
3	2,0	3,0	4,0	4,8	5,4	6,0
2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,2	4,0
1	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5

Розподіл яскравості в нічному режимі

5.5. Нічний режим освітлення передбачається незалежно від довжини тунелю. При цьому середня яскравість дорожнього покриття по всій довжині тунелю повинна бути постійна й не нижче середньої яскравості ділянок вулиці або дороги, що примикають до в'їзного й виїзного порталів. Рекомендується, щоб середня яскравість дорожнього покриття тунелів класу 3 була не менше 2 кд/м², а класу 2 не менше 1 кд/м².

5.6. Освітлення під'їзної зони тунелю (протягом ВБГ перед в'їзним порталом) повинне забезпечити підвищений не менше як на 30% рівень середньої яскравості дорожнього покриття у порівнянні з відповідним рівнем яскравості вулиці, що веде до тунелю. При наявності ділянки, що межує з в'їзним порталом, перекритим сонцезахисним екраном, нічний режим освітлення цієї ділянки повинен бути аналогічний режиму, прийнятому для всього тунелю.

5.7. Для тунелів, розташованих у приміських районах з неосвітленими дорогами, освітлення в зоні від'їзду протягом двох ВБГ, але не більше 200 м, повинне забезпечити рівень не нижче 70% рівня освітлення всередині тунелю.

Інші показники

5.8. Яскравість стін. У всіх зонах відношення середньої яскравості нижньої частини стін L_w тунелю до рівня 2 м над полотном дороги до середньої

яскравості дорожнього покриття L_r найближчої до стіни смуги руху повинне бути не менше 0,6 для класів 3 і 2. Для тунелів класу 1 цей показник не регламентується, але рекомендується, щоб аналогічне відношення освітленостей було не менше 0,25.

5.9. Рівномірність розподілу яскравості. На ділянках з постійним рівнем середньої яскравості дорожнього покриття (перша половина граничної і вся внутрішня зони в денному режимі, а також весь тунель у нічному режимі) діють такі показники рівномірності розподілу яскравості дорожнього покриття:

коефіцієнт загальної рівномірності

$$U_0 = L_{min}/L_{av},$$

де L_{min} й L_{av} відповідно мінімальна й середня яскравість дорожнього покриття по всій ширині проїзної частини;

коефіцієнт поздовжньої рівномірності -

$$U_1 = L_{min}/L_{max}.$$

Значення показників U_0 й U_1 залежно від класу тунелю повинні бути не нижче значень, наведених у табл. 6. При цьому нормативне значення показника U_1 повинне бути забезпечене для кожної смуги руху.

Таблиця 6 - Нормовані значення коефіцієнтів рівномірності яскравості

Клас тунелю	Коефіцієнт рівномірності	
	загальної	поздовжньої
3	0,4	0,6
2	0,4	0,5
1	0,35	0,4

Для нижньої частини стін (до 2 м над дорожнім покриттям) тих же ділянок коефіцієнт U_0 має бути не нижче 0,35.

5.10. Пороговий приріст. Сумарна сліпуча дія світильників у полі зору водія регламентується показником ТІ [%], що визначає збільшення граничної різниці яскравостей і розраховується за формулою

$$TI = 65L_v/L_r^{0,8}, \quad \text{якщо } L_r < 5 \text{ кд/м}^2,$$

або

$$TI = 95L_v/L_r^{1,05}, \quad \text{якщо } L_r \geq 5 \text{ кд/м}^2,$$

де L_r – середня яскравість дорожнього покриття, кд/м²; L_v – вуалююча яскравість, розрахунок якої наведений у додатку А цих норм.

Для граничної й внутрішньої зон у денному режимі й для всього тунелю в нічному режимі значення показника ТІ не повинне перевищувати 15%.

5.11. Частота мерехтінь. Для запобігання дратівного монотонного мерехтіння яскравих частин світильників (флікер-ефекту) частота мерехтінь упродовж більш ніж 20 сек. повинна бути або менше 2,5 Гц, або більше 15 Гц. Для заданої швидкості руху ця вимога забезпечується при одній з таких: або дистанція монотонного мерехтіння (тобто довжина зони з постійним кроком між світильниками) не перевищує припустимого значення, або крок між світильниками не лежить між найменшими й найбільшим граничними значеннями, що наведені в табл. 7.

Таблиця 7 - Припустимі значення довжини зони мерехтінь і кроку між світильниками для запобігання флікер-ефекту

	Швидкість руху, км/год.			
	60	80	100	120
Припустима довжина зони мерехтінь, м	500	660	830	1000
Крок між світильниками, м:				
не більше	1,3	1,7	2,1	2,6
не менше	6,7	8,9	11,1	13,3

При використанні сонцезахисних екранів із жалюзі, що пропускають пряме сонячне світло, частота мерехтінь сонячних відблисків повинна бути не менше 50 Гц незалежно від довжини зони мерехтінь.

5.12. При використанні натрієвих ламп високого або низького тиску проміжок між світильниками з цими лампами й жовтими сигнальними вогнями (світлофорами) повинен бути або не менш одного метра по горизонталі на площині, перпендикулярній до напрямку руху, або не менше одного градуса при спостереженні з відстані, рівній половині ВБГ.

6. Керування освітленням

6.1. З метою економії електроенергії рекомендується передбачати автоматичне регулювання освітлення в денному режимі в граничній і перехідній зонах, а також при переході з денного режиму на нічний і назад.

6.2. Автоматичне регулювання освітлення в тунелі залежно від рівня зовнішнього освітлення здійснюється за допомогою датчика, в якості якого використовують спеціальний яскравомір, що вимірює яскравість адаптації L_{20} у певний момент часу. Його розміщують на ВБГ перед в'їзним порталом, на висоті 2 – 5 м, з боку узбіччя або роздільної смуги.

6.3. Для регулювання освітлення в тунелі можуть бути використані два способи: а) включення/відключення частини світильників; б) зміна напруги на лампах, яка може бути східчастою і безперервною.

Східчасте регулювання може бути здійснене шляхом комплектування світильників ПРА з виводами на два ступені потужності, наприклад, 400/250 Вт, при якому реалізуються 100 і 50-ти процентні режими по світловому потоку. Для безперервного регулювання застосовують спеціальний світлорегулятор (затемнювач). При відключенні частини світильників потрібно забезпечувати необхідні показники рівномірності розподілу яскравості. Для цього встановлюють по два світильники в одній точці, або застосовують дволампові світильники.

Виходячи із забезпечення зорової комфортності, миттєвий спад яскравості при відключенні частини світильників не повинен бути більше ніж 3:1.

6.4. Перемикання освітлення з нічного режиму на денний і назад слід проводити відповідно при підвищенні й спаді природної горизонтальної освітленості поблизу в'їзного порталу до 100 лк.

7. Системи освітлення і освітлювальні прилади

7.1. Для граничної і перехідної зон рекомендується застосування зустрічної системи освітлення, що дозволяє одержати необхідний рівень яскравості при меншій установленій потужності. Для внутрішньої і виїзної зон, а також для нічного режиму в усьому тунелі рекомендується використовувати симетричну систему освітлення (див. додаток Н).

7.2. Для робочого освітлення транспортної зони слід застосовувати спеціальні тунельні світильники зі світлорозподілом, що відповідає обраній системі освітлення, з розрядними лампами, як правило, натрієвими лампами високого тиску.

7.3. Світильники найбільш доцільно розташовувати на стелі або в кілька рядів залежно від ширини й рівня нормованої середньої яскравості дорожнього полотна. Для тунелів з числом смуг більше двох допускається бічне розміщення світильників (на стінах або в кутах між стіною і стелею).

Висота установки світильників повинна бути не нижче 4 м над проїзною частиною.

8. Аварійне освітлення

8.1. Для тунелів довжиною більше 125 м повинно бути передбачене стаціонарне аварійне освітлення транспортної зони, що включає освітлення безпеки й евакуаційне освітлення.

8.2. Освітлення безпеки, призначене для забезпечення необхідних умов видимості для виїзду транспорту з тунелю при відключенні робочого освітлення, забезпечується шляхом постійного підключення частини світильників робочого освітлення (або по одній з ламп у частини багатолампових світильників) до незалежного джерела живлення і повинне

створювати середню освітленість 10 лк на дорожньому покритті транспортної зони, але не менше 2 лк у будь-якій точці проїзної частини дороги.

8.3. Для тунелів довжиною 500 м і більше на додаток до освітлення безпеки повинне бути передбачене евакуаційне освітлення транспортної зони, призначене для евакуації людей з тунелю в аварійній ситуації створенням необхідних умов видимості шляхів евакуації за допомогою спеціальних світлових покажчиків й евакуаційних світильників. Світлові покажчики з позначенням напрямку шляхи евакуації встановлюють на стінах тунелю на висоті 0,5 м над рівнем евакуаційного тротуару із кроком не більше 25 м. Над евакуаційними виходами з тунелю на висоті 2,1-2,2 м від рівня підлоги повинні бути встановлені світлові покажчики з відповідним написом або знаком й евакуаційні світильники, які повинні забезпечити освітленість не менше 0,5 лк на рівні підлоги перед дверима евакуаційного виходу.

8.4. Живлення світлових покажчиків і світильників евакуаційного освітлення в нормальному режимі здійснюється від мережі робочого освітлення, а в аварійному режимі від третього джерела, для чого повинне бути передбачене автоматичне перемикання на живлення від акумуляторних батарей. Час роботи евакуаційного освітлення в аварійному режимі повинен бути достатнім для евакуації людей з тунелю, але не менше однієї години.

Примітка. При довжині тунелю більше 3000 м як третє джерело живлення допускається передбачати дизельні електростанції.

8.5. Вимоги до світлових покажчиків повинні відповідати ГОСТ 12.4. 026, а до евакуаційних світильників - ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99.

8.6. При проектуванні аварійного освітлення притунельних, службово-технічних і допоміжних приміщень тунелю слід керуватися вимогами СНіП 23.05-95* й європейського стандарту EN 1838.

9. Рекомендації до будівельної частини тунелів

9.1. З метою зниження яскравості адаптації L_{20} рекомендується передбачити в проекті будівельної частини наступні заходи:

- фарбування зовнішніх поверхонь в'їзного порталу й рампових стін у темні матові кольори;
- застосування найбільш темних дорожніх покриттів у під'їзній зоні;
- установка яких-небудь конструкцій (наприклад, рекламних щитів) і посадка зелених насаджень поблизу в'їзного порталу для екранування частини небосхилу, видимої водієм.

9.2. З метою підвищення ефективності штучного освітлення рекомендується:

- облицьовувати поверхні стін і стелі тунелю світлими матовими матеріалами й покриттями з коефіцієнтом відбиття не нижче 0,5;
- використовувати в тунелях довжиною більше 125 м освітлені дорожні покриття (особливо в граничній і перехідній зонах);
- застосовувати раструбні й східчасті розширення припортальної ділянки на в'їзді в тунель;
- передбачати (по можливості) в одній із стін або стельовому перекритті на в'їзді в тунель прорізи для більше ефективного проникнення природного світла в граничну зону;
- споруджувати перед в'їзним порталом сонцезахисні екрани, що виконують одночасно функцію захисту від шуму.

9.3. Для зниження візуальної монотонності руху в тунелях довжиною більше 2000 м рекомендується через кожні 1,5 хв. їзди обладнувати ділянки з помітними відмінностями у фарбуванні стін або підвищеною яскравістю покриття стін і полотна дороги.

10. Електропостачання

10.1. За надійністю електропостачання світильники робочого освітлення належать до електроприймачів II категорії, світильники освітлення безпеки - I категорії, світильники евакуаційного освітлення і світлові покажчики - особливій групі електроприймачів I категорії.

10.2. Електропостачання освітлювальних установок у тунелях повинне передбачатися на напругу 380/220 В змінного струму частотою 50 Гц від міських або власних трансформаторних підстанцій за системою TN-C-S для живильної мережі й TN-S для розподільної мережі.

10.3. Максимальна довжина кабеля групової мережі (від пункту живлення до найбільш віддаленого світильника) не повинна перевищувати 250 м. Система групової мережі - TN-S. Світильники, підключені до різних секцій шин пункту живлення, повинні розташовуватися уздовж тунелю через один з рівномірним приєднанням до фаз групової мережі. Для підвищення надійності роботи освітлення при пожежі доцільно розділяти групову мережу зі світильниками на групи, співпадаючі за розташуванням з димовими зонами (умовними відсіками), що розділяються трансформуючими димовогнезахисними перешкодами, дренчерними водяними завісами.

10.4. У тунелі через кожні 100 м треба передбачати електричні щити зі штепсельними розетками на напругу не вище 380/220 В для переносного електроустаткування й 12 В для світильників ремонтного освітлення. Потужність і фазність мережі штепсельних розеток визначаються технологічним завданням.

За числом смуг руху дві й більше ремонтні мережі повинні розташовуватися по обидва боки тунелю.

10.5. Повинне бути передбачене заземлення електроустаткування і захисні заходи безпеки відповідно до ПУЕ.

11. Експлуатація

11.1. Технічна експлуатація включає технічне обслуговування і поточний ремонт освітлювальної установки тунелю. Основними видами робіт з технічного обслуговування освітлювальної установки транспортної зони тунелю є заміна перегорілих ламп і світильників, що вийшли з ладу (заміна світильників або електротехнічного блоку), чищення світильників (допускається миття світильника струменем води зі спеціальних поливальних машин). При використанні системи регулювання освітлення в тунелі необхідне також обслуговування яскравомірів (їхнє чищення). Крім того, відповідно до регламентів експлуатації інженерних споруд міста повинне здійснюватися чищення дорожнього покриття і нижньої частини стін тунелю.

11.2. При наявності евакуаційного освітлення крім заміни ламп і чищення евакуаційних світильників та світлових покажчиків повинні проводитися роботи з тестування акумуляторних батарей.

Терміни й визначення

1. Тунель

1.1. Автотранспортний тунель (далі просто тунель) – частина дороги для проїзду автомобільного транспорту, що має перекриття над проїзною частиною, яке перешкоджає денному освітленню дорожнього полотна і тим самим погіршує водієві умови видимості дорожньої обстановки. Поняття тунелю поширюється і на **сонцезахисні екрани**, що примикають до порталів тунелю.

Примітки: 1. Під це визначення підпадає **проїзд**, визначений як частина дороги, перекрита автомобільною або залізничною магістраллю, що проходить зверху, при цьому довжина перекриття не перевищує ширини цієї магістралі.

2. Під поняття тунелю не підпадає **галерея**, визначена як частина дороги, перекриття якої на всьому її протязі має одну або обидві світлопроникливі стіни.

У загальному випадку сучасний автотранспортний тунель являє собою складний будівельний та інженерний комплекс, що містить **транспортні зони**, службово-технічні, допоміжні й притунельні приміщення, який оснащений різними системами функціонування, включаючи системи освітлення, вентиляції, дренажу, безпеки руху, пожежогасіння та евакуації.

1.2. Транспортна зона – частина будівельного комплексу тунелю, що містить безпосередньо проїзну частину, укладену між **в'їзним** і **виїзним** порталами.

1.3. В'їзний портал - частина будівельної конструкції тунелю, що обрамляє в'їзд у тунель. При наявності **сонцезахисного екрана** в'їзний портал відповідає початку перекритої ним проїзної частини.

1.4. Виїзний портал – частина будівельної конструкції тунелю, що обрамляє виїзд із тунелю. При наявності сонцезахисного екрана виїзний портал відповідає кінцю перекритої ним проїзної частини.

1.5. Північний портал – портал, звернений на північ (видимий для водіїв, які їдуть на південь). Відповідно визначаються **південний, східний і західний** портали.

1.6. Довжина тунелю – відстань між в'їзним і виїзним порталом, відрахована вздовж центральної лінії проїзної частини.

1.7. Розділений тунель – тунель, що складається з двох поздовжніх розділених між собою непрозорою перегородкою відсіків (**транспортних зон**), кожний з яких призначений для руху транспорту в одному з двох протилежних напрямків.

1.8. Нерозділений тунель – тунель, що складається з єдиного об'єму (**транспортної зони**), призначеного для руху транспорту в обох протилежних напрямках.

1.9. Короткий тунель – тунель довжиною не більше 125 м, при під'їзді до якого водій, що знаходиться на **ВБГ** перед в'їзним порталом, може бачити не менше 20% площі рамки вихідного portalу.

1.10. Довгий тунель – тунель, що має довжину більше 125 м або при під'їзді до якого водій, що знаходиться на **ВБГ** перед в'їзним порталом, бачить менше 20% площі рамки виїзного portalу, або взагалі її не бачить.

1.11. Сонцезахисний екран – будівельна конструкція, встановлена над примикаючою до в'їзного portalу ділянкою дороги для виключення попадання прямого сонячного світла або зниження проникнення розсіяного денного світла на проїзну частину цієї ділянки. Призначений для яскравісної переадаптації водія при в'їзді в тунель. При наявності цього пристрою **довжина тунелю** відраховується від початку частини дороги, що ним перекривається.

2. Рух

2.1. Інтенсивність руху – число транспортних засобів в одиницю часу (од. в годину), які проходять через перетин полотна дороги по одній смузі руху в годину «пік».

2.2. Установлена швидкість руху – максимальна проектна швидкість руху транспорту в тунелі.

2.3. Відстань безпечного гальмування (ВБГ) – мінімальна відстань, необхідна для надійного приведення транспортного засобу, що рухається із **установленою швидкістю**, у стан повної зупинки. ВБГ визначається часом реагування водія на перешкоду, що з'явилася, часом прийняття рішення й часом гальмування транспортного засобу.

2.4. Моторизований транспортний потік - потік транспорту тільки з моторизованих транспортних засобів, що можуть забезпечити швидкість не менше 40 км/год.

2.5. Змішаний транспортний потік - потік транспорту, що складається з автомобілів, мотоциклів, велосипедів, а в загальному випадку і пішоходів.

3. Режими й системи освітлення

3.1. Денний режим - режим освітлення транспортної зони тунелю у світлий час доби.

3.2. Нічний режим - режим освітлення транспортної зони тунелю в темний час доби.

3.3. Симетрична система - система освітлення при розміщенні на стелі або стінах тунелю світильників зі світлорозподілом, симетричним щодо своїх головних поздовжньої й поперечної площин, при якому основна частина світлового потоку світильників спрямована уздовж (поздовжня система) або поперек (поперечна система) руху транспорту.

3.4. Зустрічна система - система освітлення при розміщенні, як правило, на стелі тунелю світильників з асиметричним світлорозподілом (типу кососвіт), при якому основна частина світлового потоку світильників спрямована назустріч руху транспорту.

4. Яскравісні зони тунелю

4.1. Під'їзна зона – ділянка дороги поза тунелем довжиною, рівною **ВБГ**, що примикає до в'їзного порталу.

4.2. Гранична зона – ділянка тунелю довжиною, рівною **ВБГ**, що примикає до в'їзного порталу.

4.3. Перехідна зона – ділянка тунелю, що примикає до граничної зони й закінчується в місці, де яскравість дорожнього покриття спадає до 3-кратної величини яскравості внутрішньої зони.

4.4. В'їзна зона – ділянка тунелю, що включає граничну й перехідну зони.

4.5. Внутрішня зона – ділянка тунелю, що примикає до перехідної зони й закінчується в початку виїзної зони, а при її відсутності – у виїзного порталу.

4.6. Виїзна зона – ділянка тунелю довжиною, рівною **ВБГ**, що примикає до внутрішньої зони й закінчується у виїзного порталу.

4.7. Зона від'їзду – ділянка дороги поза тунелем довжиною, рівною двом **ВБГ**, що примикає до виїзного порталу.

5. Інші світлотехнічні поняття

5.1. Яскравість адаптації L_{20} – середньозважена яскравість всередині 20-ти градусного (за діаметром) поля адаптації, видимого водієм, який перебуває на осі дорожнього полотна на **ВБГ** перед в'їзним порталом, при цьому лінія зору водія націлена на центр рамки в'їзного порталу.

5.2. Пороговий приріст – параметр, що регламентує сліпучу дію освітлювальної установки на водія.

5.3. Флікер-ефект – ефект монотонного мерехтіння яскравих частин світильників та їхніх відблисків від корпусу автомобіля, що викликає роздратування у водія при певній частоті й тривалості мерехтінь.

Особливості розрахунку й вимірювання яскравості в тунелях

Світлотехнічний розрахунок тунельного освітлення, незважаючи на ідентичність більшості нормованих показників з утилітарним дорожнім освітленням, має ряд істотних особливостей, які необхідно враховувати. Найбільш важливими з них є наступні:

1. Наявність навколишніх поверхонь (стін і стелі) тунелю. Це викликає необхідність розрахунку двох додаткових характеристик яскравості стіни L_w і складової яскравості дорожнього покриття за рахунок відбиття від стін $L_{r,від}$. Як правило, пряме світло світильників на стелю не попадає, тому відбиттям від стелі можна знехтувати. В іншому випадку вплив відбиття від стелі (особливо при світлому покритті) при розрахунку середньої яскравості стін і полотна дороги треба враховувати.

З огляду на вимогу використання дифузно відбиваючих матеріалів і покриттів для облицювання стін тунелю (див. п. 9.2) пряма складова яскравості в i -й точці стіни визначається за формулою

$$L_{w,i} = \frac{\rho_w}{\pi} \sum_{j=1}^M E_{i,j},$$

де ρ_w - коефіцієнт відбиття стіни; $E_{i,j}$ - освітленість в i -тій точці стіни від j -го світильника; M - кількість світильників, які беруть участь у формуванні цієї освітленості.

Для більшості практичних випадків обмежуються прямою складовою яскравості, але при необхідності можна розрахувати й відбиту складову яскравості стіни за рахунок багаторазових відбиттів від поверхонь тунелю за відомою методикою (див. розд. 8 «Светотехнические расчеты осветительных установок». Довідкової книги з світлотехніки, вид. 3). Далі за знайденим значенням яскравості в N_w заданих точках нижньої частини (до 2 м) стіни

визначають величини нормованих показників: середньої яскравості стіни

$L_w = \frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^{N_w} L_{w,i}$ й коефіцієнта загальної рівномірності яскравості

$$U_{0,w} = L_{w,\min} / L_w .$$

Врахування відбитої складової яскравості $L_{r,від}$ дозволяє підвищити розрахункові значення середньої яскравості L_{av} і коефіцієнта рівномірності U_0 дорожнього покриття. Приймаючи дифузійний характер відбиття складової $L_{r,від}$ і застосовуючи формулу коефіцієнта використання світлового потоку від однієї нескінченної смуги, що світить, відносно іншої, перпендикулярно до неї розташованої, встановлюють значення $L_{r,від}$ (від обох стін) за формулою

$$L_{r,від} = \rho_r L_w \left(1 + h/w - \sqrt{1 + (h/w)^2} \right),$$

де ρ_r – коефіцієнт відбиття дорожнього покриття; L_w – середня яскравість стін, знайдена вище; h - висота стін (від рівня дороги до висоти розташування світильників); w - відстань між стінами. Для більш точних розрахунків повинен бути використаний зазначений вище метод розрахунку багаторазових відбиттів.

2. Характерний нерівномірний розподіл яскравості дорожнього покриття (і стін) уздовж тунелю (за винятком внутрішньої зони) у денному режимі. Це не дозволяє (за аналогією з дорожнім освітленням) виділити одну контрольну ділянку, треба проводити розрахунок практично по всій довжині тунелю, у крайньому разі для декількох характерних ділянок у кожній яскравісній зоні.

3. Більша щільність світильників і пов'язана з цим необхідність урахування великої їхньої кількості при розрахунку яскравості в кожній точці. Так, при використанні критерію, який встановлює розміри області світильників, що враховують при розрахунку (див. додаток А цих правил), кількість світильників, які потрапили в цю область щодо розрахункової точки, розташованої в граничній або перехідній зоні, може досягати декількох сотень.

4. Наявність декількох яскравісних режимів. Це, по-перше, денний і нічний режими, по-друге, режими, пов'язані зі східчастим регулюванням освітлення в

денному режимі шляхом відключення частини світильників (див. п. 6.1). У кожному з цих режимів розрахунок повинен підтвердити виконання нормативних вимог за рівнем і рівномірністю яскравості.

5. Необхідність врахування впливу природного світла в граничній зоні при наявності сонцезахисних екранів або відкритих прорізів у стіні тунелю (див. п. 9.2).

Вимірювання нормованих показників для тунелів проводять в основному за аналогічними методиками і тими ж засобами, що й у випадку стандартних доріг (див. додаток А цих норм), але є ряд особливостей, зумовлених в основному тими ж причинами, що й у випадку розрахунку.

1. Вимірювання яскравості дорожнього покриття і прилягаючих стін проводять для ділянок з пологим розподілом яскравості (перша половина граничної зони і внутрішня зона). При східчастому розподілі яскравості в перехідній зоні бажано провести вимірювання для кожного ступеня. Контрольна ділянка у внутрішній зоні повинна відстояти від кінця перехідної і початку виїзної зон настільки, щоб виключити їхній вплив на вимірювання.

2. Для зазначених вище зон, за винятком внутрішньої зони, розташування точок вимірювання на дорожньому полотні й стіні вибирають відповідно до рис. Н-1.

Поздовжній розмір вимірювального поля L вибирають з діапазону 15 - 25 м, при цьому він повинен бути кратним поздовжньому кроку D між світильниками, тобто $L=n4D$ (на рисунку $n = 3$). Поздовжній крок між розрахунковими точками повинен бути не менше 2,5м. Перший поперечний ряд розрахункових точок розташовується на відстані $L/14$ від проекції першого світильника. Поперечний крок між розрахунковими точками дорівнює $W_L/3$. Перший поздовжній ряд точок розташовується на відстані $W_L/6$ від краю проїзної частини. Яскравомір встановлюється на висоті 1,5 м відносно рівня дорожнього полотна над осовою лінією обраної смуги руху, на відстані 60 м відносно ближнього до спостерігача поперечного ряду точок вимірювання. Для

цієї позиції яскравоміра проводять вимірювання яскравості по всієї сітці розрахункових точок. Після чого яскравомір переміщується на осьову лінію наступної смуги, і проводяться аналогічні вимірювання й т.д.

3. При вимірюванні яскравості стін сітка точок вимірювання складається з трьох поздовжніх (за висотою) рядів точок з кроком $2/3$ м між рядами. Нижній ряд розташовується на висоті $1/3$ м від полотна дороги. У поздовжньому напрямку крок і кількість розрахункових точок визначаються, так само, як і для полотна дороги. Яскравомір встановлюють у вказаній вище позиції смуги руху, пов'язаної з вимірюваною стіною. Після чого проводять вимірювання яскравості протилежної стіни.

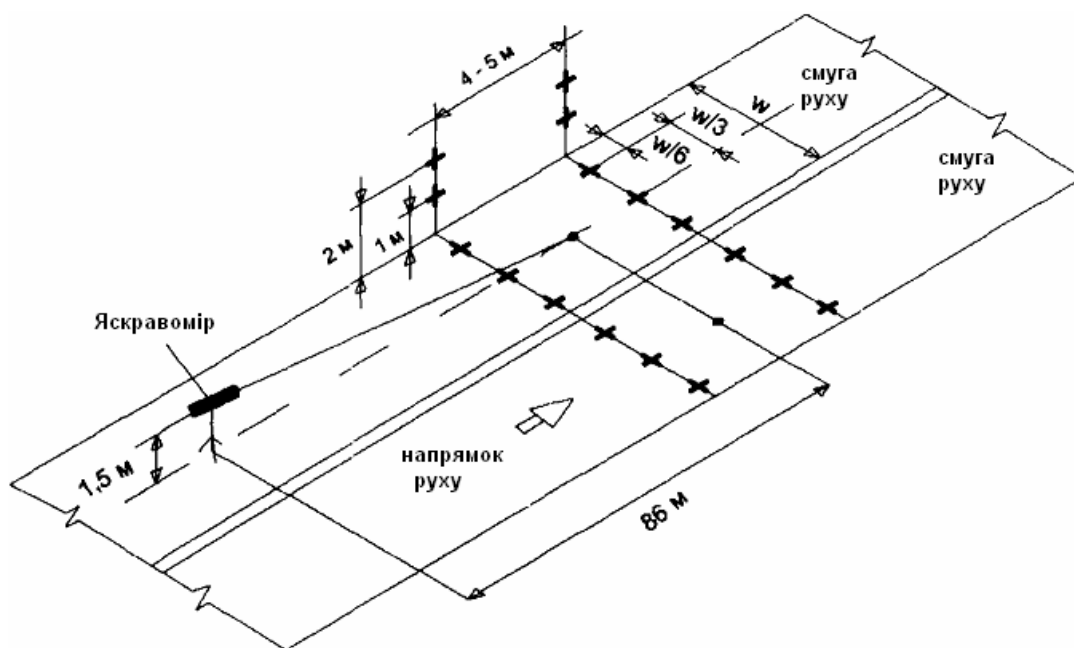


Рис. Н-1 - Сітка точок вимірювання яскравості дорожнього покриття в тунелі. Приклад для проїзної частини з двома смугами руху в одному напрямку (ліворуч - праворуч). Кругами позначені світильники, жирними точками - точки вимірювання.

Визначення яскравості адаптації L_{20}

Яскравість адаптації L_{20} визначається як середньозважена яскравість усередині 20-ти градусного (за діаметром) поля адаптації, видимого водієм, що знаходиться на осі дорожнього полотна на ВБГ перед в'їзним порталом, при цьому лінія зору водія націлена на центр рамки в'їзного порталу (рис. П-1). Величина L_{20} визначається для умов, найгірших з погляду переадаптації, тобто для яскравого сонячного дня.

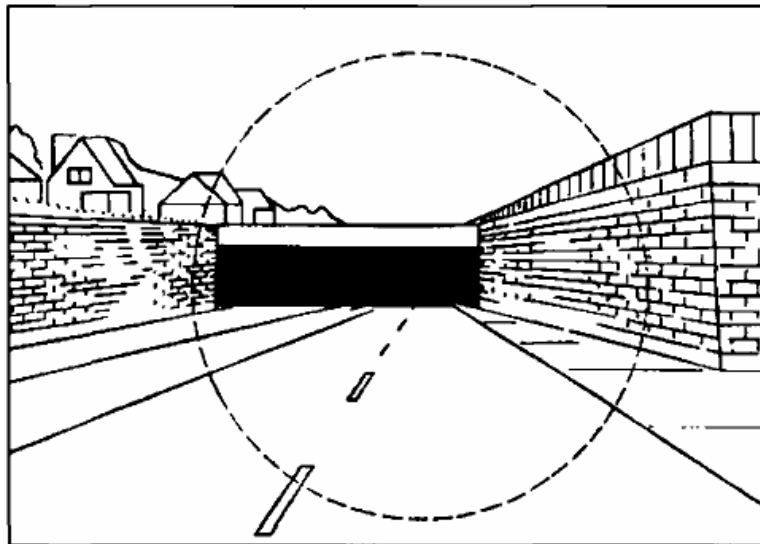


Рис. П-1 - Вид на в'їзний портал, видимий із ВБГ

Примітка. Пунктирним колом позначене 20-ти градусне поле адаптації.

Для існуючого тунелю (наприклад, при його реконструкції) значення L_{20} може бути отримане шляхом фотометрирування в'їзного порталу при вказаних умовах за допомогою яскравоміра, що має 20-ти градусне поле вимірювання.

За відсутності експериментальних вихідних даних для знаходження значення L_{20} можна скористатися наступною формулою:

$$L_{20} = K_c L_c + K_r L_r + K_e L_e,$$

де K_c , K_r і K_e – частки відповідно небозводу, дорожнього полотна й оточення порталу в полі адаптації, а L_c , L_r і L_e – їхні середні яскравості, орієнтовні значення яких наведені в табл. М-1 залежно від орієнтації в'їзного порталу щодо сторін світу.

Таблиця П-1 - Яскравість ділянок поля адаптації

Напрямок руху при в'їзді	Значення яскравості ділянок поля адаптації, ккд/м ²		
	небозвід, L_c	дорога, L_r	будівлі, L_e
на північ	6	3	8
на схід на захід	12	4	6
на південь	16	5	4

Навчальне видання

Навчальний посібник з курсу «Освітлення міст» (для студентів 5 курсу і магістрів денної форми навчання і 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.090605, 8.090605 – «Світлотехніка і джерела світла»)

Автори: Леонід Андрійович Назаренко,
Кристина Ігорівна Іоффе

Редактор: М.З. Аляб'єв

План 2008, поз. 3Н

Підп. до друку 04.02.08
Друк на ризографі
Замовл. № ____

Формат 60x841/16
Умовн.-друк.арк. 5,4
Тираж 100 прим.

Папір офісний
Обл.-вид.арк. 6,0

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ,
61002, Харків, вул. Революції, 12