

УДК 628.98

**С. С. Овчинников**, докт. техн. наук,  
**О. О. Щербінін**, асп.

*Харківська національна академія  
 міського господарства*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ МЕЗОПІЧНОЇ ЧУТЛИВОСТІ ОРГАНУ ЗОРУ**

Сьогодні, при оцінці зовнішнього освітлення використовують світлові величини, встановлені для ока, адаптованого до денного світла. Для цього застосовують нормалізовану функцію відносної спектральної світлової ефективності випромінювання для денного зору  $V(\lambda)$ , яка узгоджена Міжнародною комісією по освітленню (МКО) та приводиться у вигляді таблиці в світлотехнічних довідниках [1].

При малих рівнях яскравості функція відносної спектральної світлової ефективності випромінювання для зорового апарату зазнає значних змін в порівнянні з денним зором [2].

Аналіз показав, що в зовнішньому освітленні найбільша потреба – 41% відповідає ДС з світловим потоком від 5,0 до 10,0 клм, 27% - з потоком від 2,5 до 5,0 клм, і всього 12% - з потоком понад 10,0 клм. Ці цифри відповідають потребам створення високоякісних освітлювальних установок, що повністю відповідають умовам забезпечення необхідного рівня видимості [3].

У роботі приведені результати розрахунків варіантів освітлення дорожнього покриття з різними типами світлодіодів при урахуванні мезопічної чутливості органу зору.

**Розрахунок варіантів освітлення фрагмента вулиці у програмі Dialux**  
 Розрахунок яскравості дорожнього покриття зі світлодіодами Cree XP-E

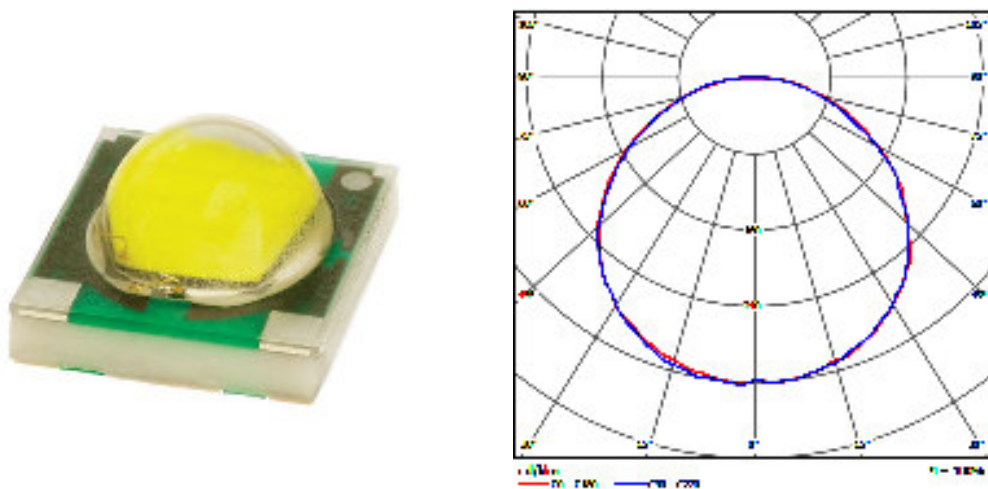


Рис. 1 – Зовнішній вигляд світлодіода та його КСС

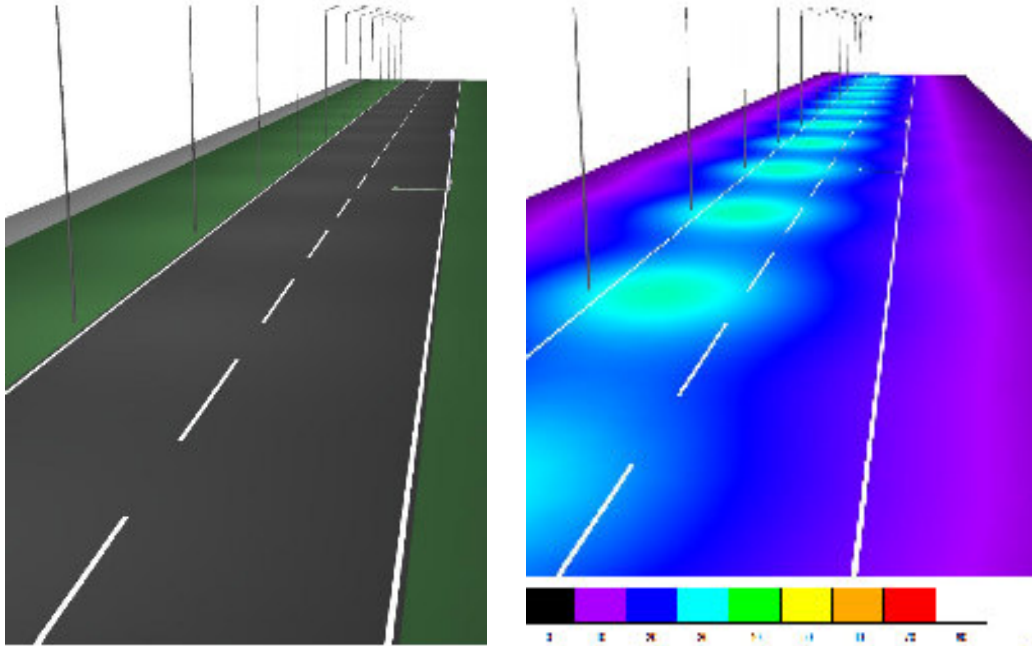


Рис.2 – Освітлення дорожнього покриття за допомогою Cree XP-E

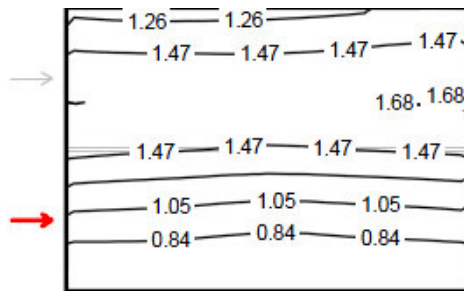


Рис.3 – Ізолінії дорожнього покриття для першого і 1-го спостерігача

Таблиця 1

**Яскравість дорожнього покриття для 1-спостерігача**

S, м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
1,17	1,34	1,32	1,32	1,33	1,33	1,34	1,35	1,37	1,4	1,4
3,50	1,64	1,63	1,64	1,63	1,62	1,62	1,64	1,66	1,69	1,7
5,83	1,72	1,68	1,68	1,66	1,64	1,63	1,65	1,68	1,68	1,7
8,16	1,35	1,32	1,31	1,28	1,27	1,27	1,28	1,28	1,3	1,32
10,5	0,95	0,94	0,94	0,92	0,89	0,88	0,9	0,92	0,92	0,95
12,83	0,7	0,71	0,7	0,68	0,65	0,65	0,67	0,69	0,7	0,7

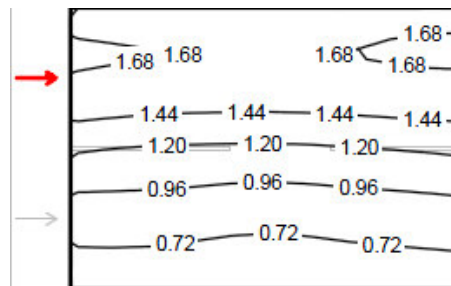


Рис.4 – Ізолінії дорожнього покриття для першого і 2-го спостерігача

Таблиця 2

## Яскравість дорожнього покриття для 2-спостерігача

S, м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
1,17	1,65	1,64	1,62	1,62	1,62	1,62	1,63	1,66	1,67	1,68
3,50	1,79	1,77	1,74	1,73	1,72	1,71	1,72	1,73	1,77	1,77
5,83	1,38	1,33	1,31	1,32	1,32	1,32	1,34	1,37	1,38	1,4
8,16	1,06	1,04	1,03	1,02	1	1	1,01	1,03	1,05	1,08
10,5	0,82	0,83	0,82	0,79	0,76	0,75	0,8	0,81	0,82	0,84
12,83	0,65	0,65	0,64	0,62	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65	0,66

Середнє значення яскравості для 1 спостерігача:

$$L_{cp1} = 1,26 \text{ кд/м}^2$$

Середнє значення яскравості для 2 спостерігача:

$$L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2$$

Нерівномірність освітлення:

$$\frac{L_{\max}}{L_{\min}} = 2,64$$

Результати розрахунку яскравості дорожнього покриття зі іншими світлодіодами:

Cree XP-E і лінзою Carclo 20 mm

$$L_{cp1} = 1,21 \text{ кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} > 100$$

Cree XP-E і лінзою Carclo 10 mm

$$L_{cp1} = 1,22 \text{ кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 4$$

Cree XP-G

$$L_{cp1} = 1,26 \text{ кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 3$$

Cree XP-G і лінзою Carclo 10 mm

$$L_{cp1} = 1,22 \text{ кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 20$$

Cree XP-G і лінзою Carclo 10 mm ELLIPTICAL SINGLE

$$L_{cp1} = 1,22 \text{ кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 18,7$$

Cree XR-E

$$L_{cp1} = 1,24 \text{ Кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ Кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 2,7$$

Cree XR-E і лінзою Carclo 26.5mm

$$L_{cp1} = 1,23 \text{ Кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,22 \text{ Кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 55$$

Cree XR-E і лінзою Carclo 20 mm

$$L_{cp1} = 1,22 \text{ Кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,21 \text{ Кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 30$$

Cree XR-E і лінзою Fraen

$$L_{cp1} = 1,26 \text{ Кд/м}^2 \quad L_{cp2} = 1,2 \text{ Кд/м}^2 \quad \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \approx 2,64$$

Для освітлення дорожнього покриття та забезпечення нормованої яскравості  $L_n = 1,2 \text{ Кд/м}^2$  необхідно 117 світлодіодів з  $T_{цв} = 6500\text{K}$ , світловий потік кожного світлодіода дорівнює 138 лм, або 285 світлодіодів з  $T_{цв} = 3500\text{K}$ , світловий потік кожного світлодіода дорівнює 87 лм.

Розрахунок середньої яскравості дорожнього покриття у середовищі Mathcad без урахування  $L_{ек}$ .

Таблиця 3

## Яскравість дорожнього покриття для 1-спостерігача

S, м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
1,17	2,02	1,17	0,55	0,29	0,45	0,45	0,47	0,8	1,6	2,2
3,50	4,21	2,4	0,94	0,38	0,48	0,41	0,6	1,51	3,22	4,66
5,83	4,73	2,84	1,11	0,44	0,44	0,41	0,56	1,65	3,37	4,71
8,16	3	1,76	0,83	0,49	0,35	0,34	0,54	1,05	2,13	3,17
10,5	1,18	0,83	0,47	0,39	0,26	0,28	0,38	0,46	0,86	1,19
12,83	0,42	0,37	0,28	0,28	0,22	0,24	0,29	0,24	0,34	0,41

Розроблений метод розрахунку еквівалентної яскравості, в якій функція  $V_{ек}(L_{ек})$ , моделюється з використанням елементарних нормалізованих функцій ефективності випромінювання для трьох кольоросприймаючих рецепторів людини[4]. Для знаходження еквівалентної яскравості необхідно лише розв'язати рівняння:

$$L_{ек} = K_{\max}(L_{\text{ок}}) \cdot ((0,033 \cdot \log L_e^3 - 0,091 \cdot \log L_e^2 + 0,073 \cdot \log L_e + 0,985) \cdot L_a + (0,1 \cdot \log L_e^2 - 0,194 \cdot \log L_e + 0,1) \cdot L_i + (-0,0412 \cdot \log L_e^3 - 0,025 \cdot \log L_e^2 + 0,105 \cdot \log L_e + 0,0568) \cdot X) \quad (1)$$

де  $L_a, L_l, X'$  - ефективні потоки випромінювання (св.Вт/Вт), що розраховуються за нормалізованими кривими МКО  $V(\lambda), V'(\lambda), \bar{x}(\lambda)$  відповідно.

Розрахунок середньої яскравості  $L_{ек}$  дорожнього покриття для світлодіодів з  $T_{цв} = 6500K$  з урахуванням мезопічної чутливості

Таблиця 4

## Яскравість дорожнього покриття для 2-спостерігача

S, м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
1,17	2,28	1,37	0,69	0,38	0,58	0,58	0,6	0,95	1,82	2,48
3,50	4,53	2,69	1,11	0,49	0,61	0,53	0,74	1,73	3,55	4,96
5,83	5,03	3,16	1,3	0,56	0,56	0,53	0,7	1,88	3,7	5,01
8,16	3,32	2	0,99	0,62	0,46	0,45	0,68	1,23	2,4	3,5
10,5	1,38	0,99	0,6	0,51	0,35	0,37	0,49	0,59	1,02	1,39
12,83	0,54	0,48	0,37	0,37	0,3	0,32	0,38	0,32	0,45	0,53

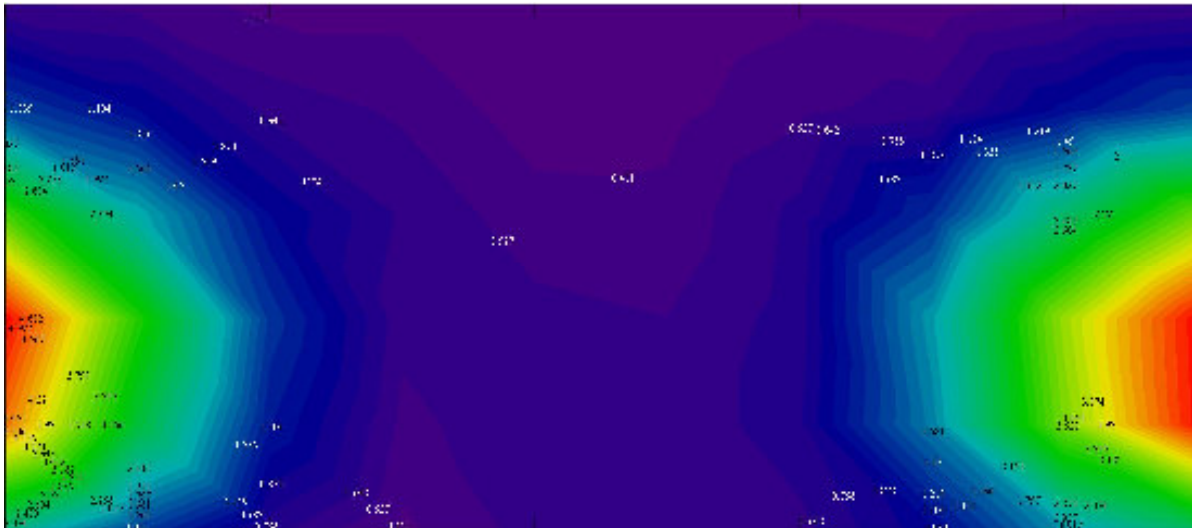


Рис. 5 – Ізолінії яскравості дорожнього покриття для 2-го спостерігача

Розрахунок середньої яскравості  $L_{ек}$  дорожнього покриття для світлодіодів з  $T_{цв} = 3500K$  з урахуванням мезопічної чутливості

Таблиця 5

## Яскравість дорожнього покриття для 2-спостерігача

S, м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
1,17	2,1	1,24	0,59	0,32	0,49	0,49	0,51	0,85	1,67	2,29
3,50	4,31	2,49	1	0,42	0,52	0,45	0,64	1,59	3,32	4,75
5,83	4,82	2,94	1,17	0,48	0,48	0,45	0,6	1,72	3,47	4,8
8,16	3,1	1,84	0,88	0,53	0,38	0,37	0,58	1,11	2,22	3,27
10,5	1,25	0,88	0,51	0,43	0,29	0,31	0,42	0,5	0,91	1,26
12,83	0,46	0,41	0,31	0,31	0,25	0,27	0,32	0,27	0,37	0,45

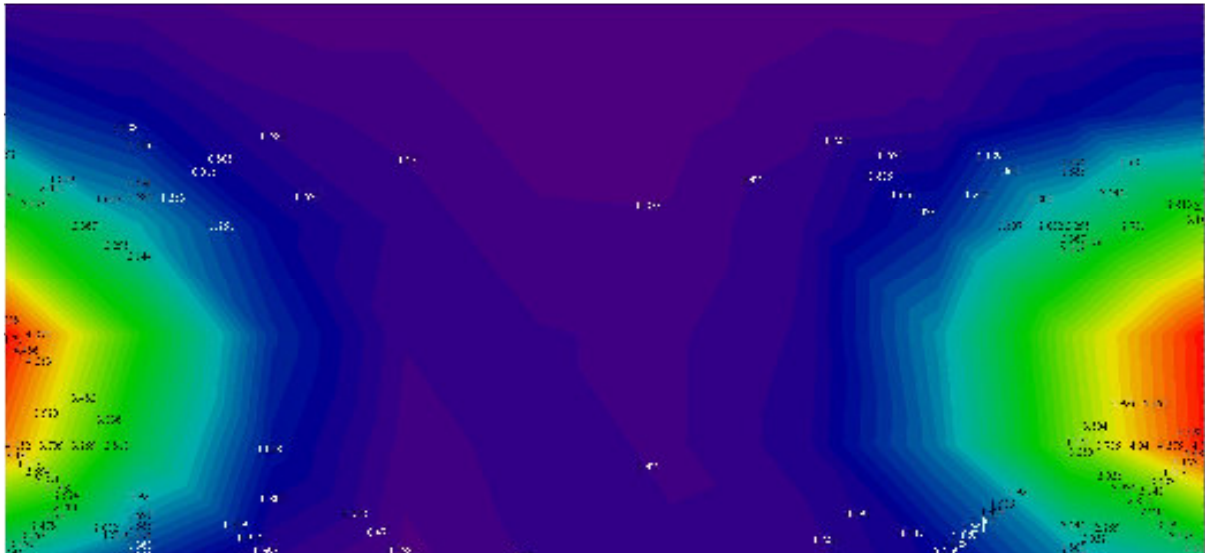
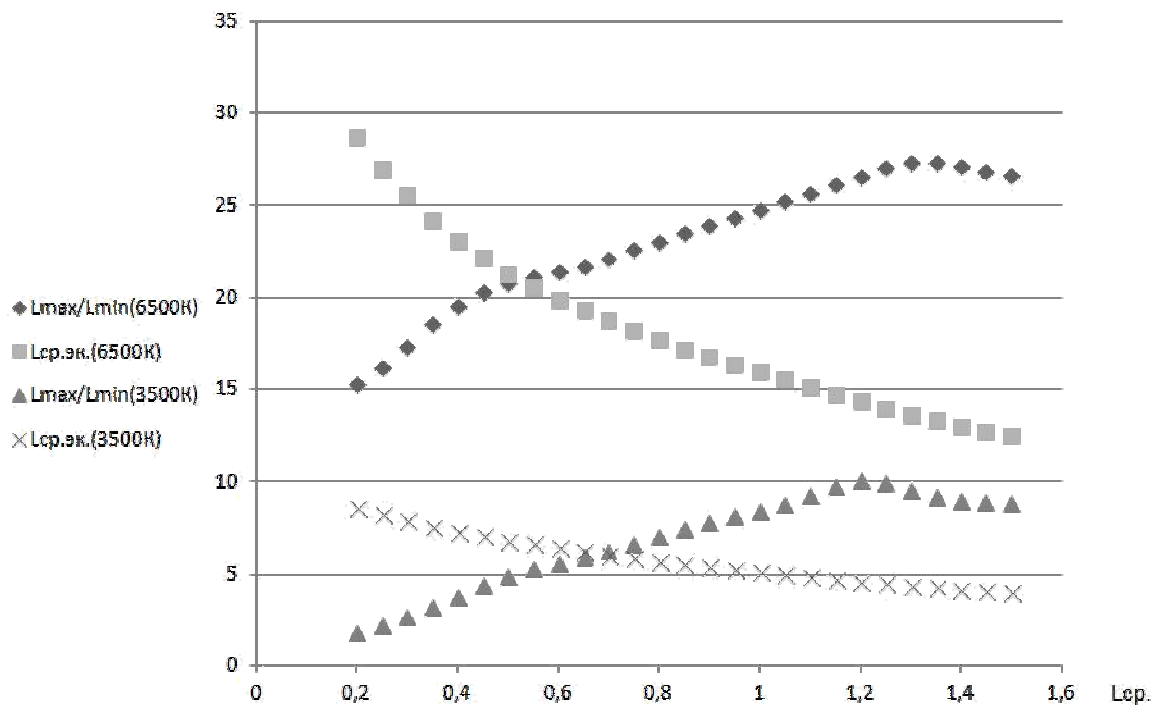


Рис. 6 – Ізолінії яскравості дорожнього покриття для 2-го спостерігача

Рис. 7 – Результати розрахунків яскравості для світлодіодів з різним  $T_{цв}$ 

Дослідження показали, що врахування еквівалентної яскравості значним чином впливає на значення середньої яскравості[2,5]. На рис. 7 зображений графік залежності середньої яскравості дорожнього покриття з урахуванням  $L_{ек}$  та нерівномірність освітлення від середньої яскравості дорожнього покриття.

При яскравості  $0,2 \text{ кд/м}^2$  середня яскравість з урахуванням  $L_{ек}$  зростає до 30% при використанні світлодіодів з кольоровою температурою 6500K і до 9% якщо використовувати світлодіоди з кольоровою температурою 3500K.

Нерівномірність освітлення зменшується до 10% при використанні світлодіодів з  $T_{цв} = 6500K$ , і 4% якщо застосовувати світлодіоди з кольоровою температурою 3500K.

### Список літератури

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак.- 972 с: ил. 2006.
2. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Ч.2. -М.: Энергоатомиздат, 1989.- 432 с.
3. Сіробаба О.О. Методика розрахунку еквівалентної яскравості на основі фізіологічних особливостей зорового аналізатора / О.О. Сіробаба, С.С. Овчинников // Світлотехніка та електроенергетика. – 2010. - №3(23-24). - С. 10-15.
4. Серобаба А. А. Изменение спектральной световой эффективности излучения при уменьшении яркости как результат перестройки взаимодействия световоспринимающих рецепторов / А. А. Серобаба, С. С. Овчинников// Светотехника и электроэнергетика. – 2010. - №1. - С. 4-10
5. Овчинников С.С. Дослідження порогових характеристик зору при використанні освітлювальних установок з різними типами джерел світла / С.С. Овчинников, М.М. Таряник, О.О. Сіробаба // Технічна електродинаміка. –2011. -№2. -С. 76-79

---



---

### ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С УЧЕТОМ МЕЗОПИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОРГАНА ЗРЕНИЯ

С. С. Овчинников, О. О. Щербинин

*В статье основное внимание уделяется исследованию яркости дорожного покрытия, которая претерпевает значительные изменения с учетом мезопической чувствительности зрительного аппарата по сравнению с дневным зрением.*

### RESEARCH PHOTOMETRIC PERFORMANCE OUTDOOR LIGHTING, TAKE INTO ACCOUNT MESOPIC SENSITIVITY OF HUMAN VISUAL APPARATUS

S. Ovchynnykov, O. Shcherbinin

*The Paper focus is on research the brightness of the road surface, which is undergoing significant change with the mesopic sensitivity of the visual apparatus in comparison with natural vision.*