

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

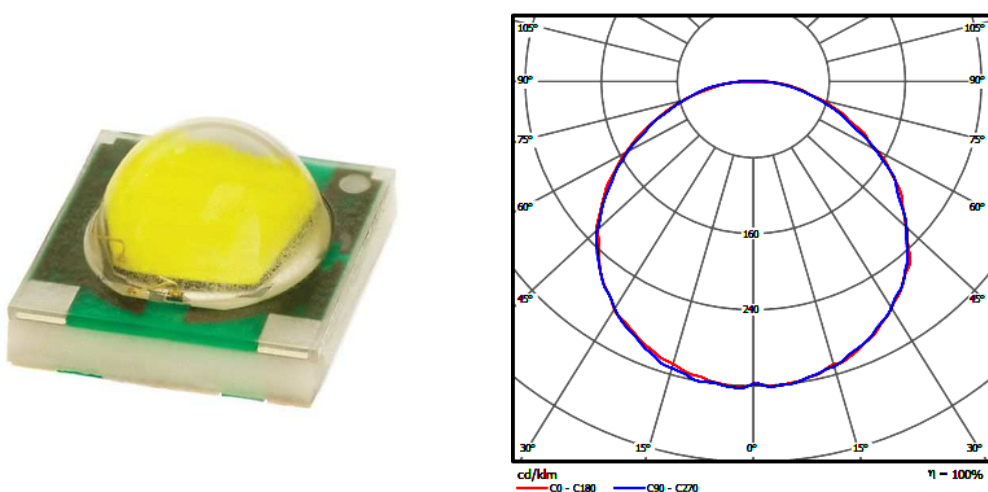


Рис. 1 – Зовнішній вигляд світлодіода та його КСС

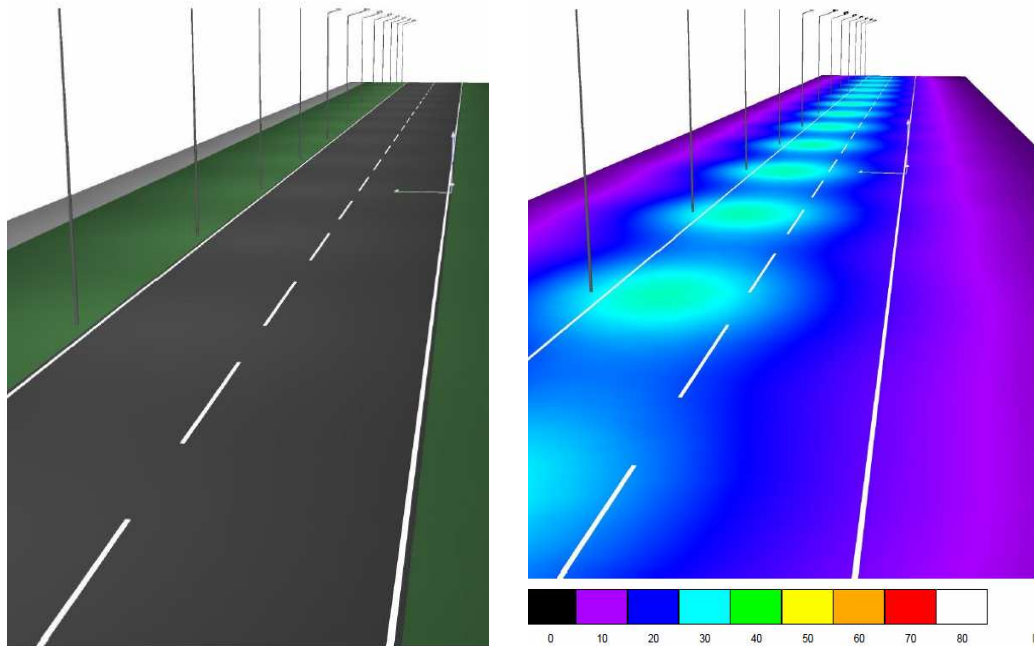


Рис.2 – Освітлення дорожнього покриття за допомогою Cree XP-E

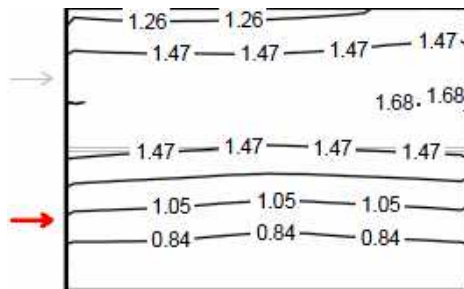


Рис.3 – Ізолінії дорожнього покриття для першого і 1-го спостерігача

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

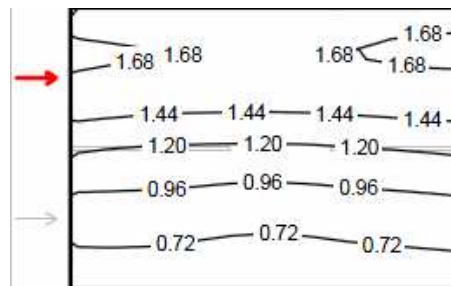


Рис.4 – Ізолінії дорожнього покриття для першого і 2-го спостерігача

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

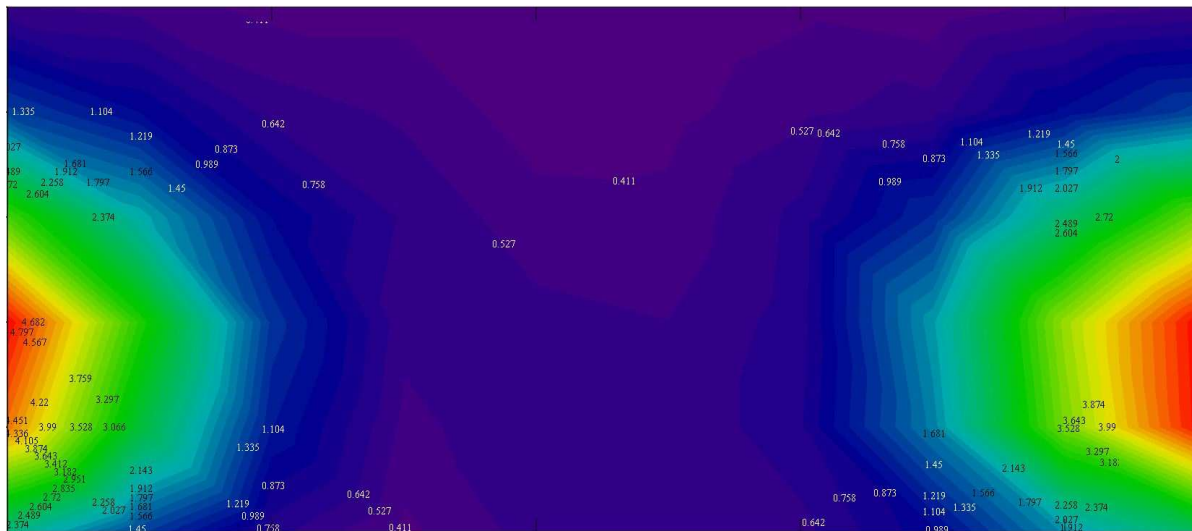


Рис. 5 – Ізолінії яскравості дорожнього покриття для 2-го спостерігача

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

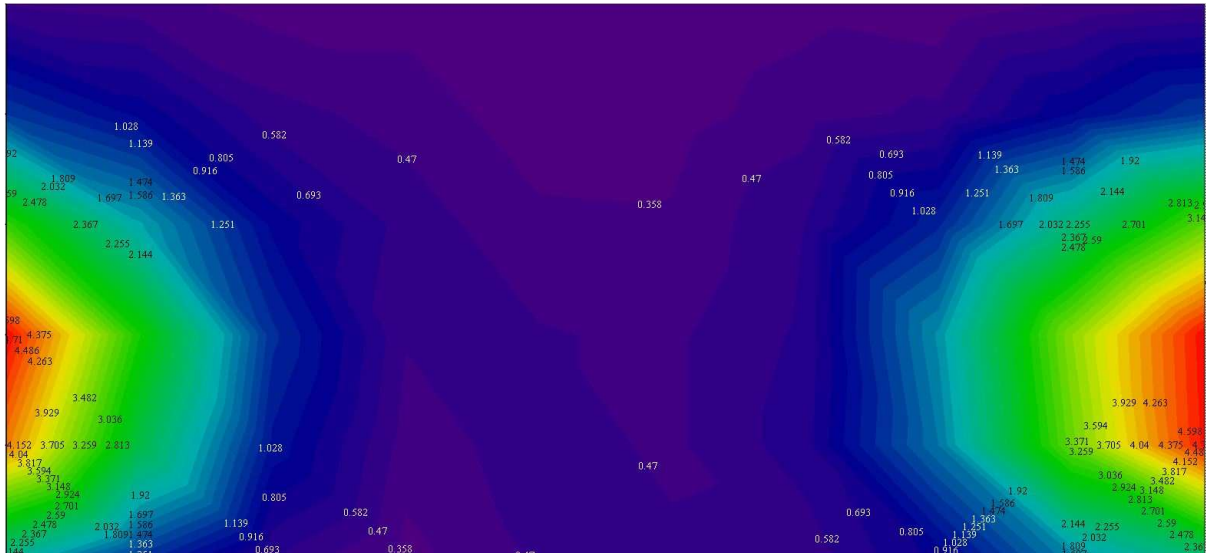
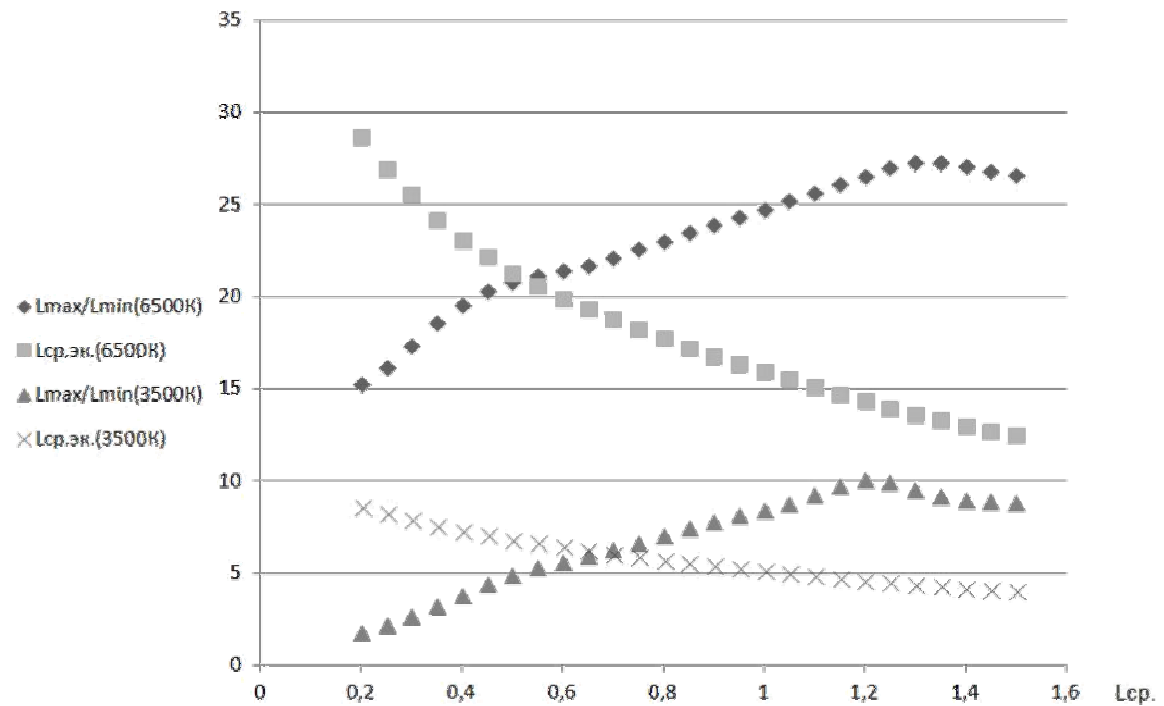


Рис. 6 – Ізолінії яскравості дорожнього покриття для 2-го спостереження

Рис. 7 – Результати розрахунків яскравості для світлодіодів с 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.