

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р – ...  
(EN 13201-3:2007)**  
*Первая редакция*

---

**ОСВЕЩЕНИЕ НАРУЖНОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ**  
**Часть 3**  
**Расчет осветительных установок**  
**(EN 13201-3:2007 Road lighting – Part 3: Calculation of performance)**  
**(MOD)**

*Настоящий стандарт не подлежит применению до его утверждения.*

**Москва**  
**Стандартинформ**  
**20.....**

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский светотехнический институт им. С.И. Вавилова» (ООО «ВНИСИ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык английской версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 332 «Светотехнические изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от №

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к европейскому стандарту EN 13201-3:2007 Дорожное освещение – Часть 3: Расчет характеристик (EN 13201-3:2007 Road lighting – Part 3: Calculation of performance) путем внесения изменений и дополнений, объяснение которых изложено во введении к настоящему стандарту. Внесение указанных технических отклонений направлено на учет особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные*

*стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет.*

© Стандартиформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

Введение

1	Область применения .....
2	Нормативные ссылки .....
3	Термины, определения, обозначения и сокращения .....
3.1	Термины и определения.....
3.2	Список обозначений и сокращений .....
4	Принятые допущения .....
5	Фотометрические данные .....
5.1	Общие положения .....
5.2	I-таблица .....
5.3	Интерполяция I-таблицы .....
5.3.1	Общие положения .....
5.3.2	Линейная интерполяция .....
5.3.3	Квадратичная интерполяция .....
5.3.4	Квадратичная интерполяция в граничных областях .....
5.4	г-таблица .....
5.5	Интерполяция г-таблицы .....
6	Расчет силы света $I(C, \gamma)$ .....
6.1	Общие положения .....
6.2	Математические соглашения по отсчету расстояний на дороге .....
6.3	Математические соглашения по отсчету поворотов осей .....
6.4	Расчет углов $C$ и $\gamma$ .....
7	Расчет светотехнических показателей .....
7.1	Расчет яркости .....
7.1.1	Яркость в точке .....
7.1.2	Суммарная яркость в точке .....
7.1.3	Расчетное поле для яркости .....
7.1.4	Положение расчетных точек .....

7.1.5	Положение наблюдателя .....	
7.1.6	Светильники, включаемые в расчет .....	
7.2	Расчет освещенности .....	
7.2.1	Общие положения .....	
7.2.2	Горизонтальная освещенность в точке .....	
7.2.3	Полуцилиндрическая освещенность в точке .....	
7.2.4	Суммарная освещенность в точке .....	
7.2.5	Расчетное поле для освещенности .....	
7.2.6	Положение расчетных точек .....	
7.2.7	Светильники, включаемые в расчет .....	
7.2.8	Освещенность на участках нестандартной формы .....	
8	Расчет нормативных параметров .....	
8.1	Общие положения .....	
8.2	Средняя яркость .....	
8.3	Общая равномерность <u>яркости</u> .....	
8.4	Продольная равномерность <u>яркости</u> .....	
8.5	Пороговое приращение .....	
8.6	Коэффициент периферийного освещения .....	
8.7	Средняя освещенность .....	
8.8	Минимальная освещенность .....	
8.9	Равномерность освещенности .....	
9	Протокольные данные .....	
	Приложение ДА (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем европейского стандарта в части разделов 7 и 8 .....	
	Библиография.....	

## Введение

В настоящий стандарт внесены дополнения и изменения по отношению к европейскому стандарту EN 13201-3:2007 Дорожное освещение – Часть 3: Расчет характеристик (EN 13201-3:2007 Road lighting – Part 3: Calculation of performance), направленные на учет особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации:

- введены в раздел 3 термины "релевантная площадь" и "коэффициент эксплуатации", используемые в тексте проекта стандарта;

- введен в пункт 8.5 рисунок 15, поясняющий основные параметры при определении понятия "пороговое приращение";

- введена в раздел "Библиография" ссылка на европейский стандарт EN 13032-1:2004, используемая в тексте проекта стандарта;

- не включены пункты 7.2.3 и 7.2.5, касающиеся полусферической и вертикальной освещенности, не используемой в отечественной практике нормирования установок наружного освещения;

- не включено примечание в пункт 8.5, касающееся зависимости показателя TI от возраста наблюдателя, не используемой в отечественной практике нормирования установок наружного освещения.

Введены: Приложение ДА «Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте», и приложение ДБ «Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем европейского стандарта», так как в настоящем стандарте по отношению к примененному стандарту изменена структура разделов 7 и 8.

Дополнения выделены в тексте курсивом с подчеркиванием сплошной горизонтальной чертой.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**ОСВЕЩЕНИЕ НАРУЖНОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ**

**Часть 3**

**Расчет осветительных установок**

Road lighting. Part 3. Calculation of performance

---

Дата введения – ....–...–...

**1 Область применения**

Настоящий стандарт является руководством по проведению расчетов светотехнических параметров установок функционального наружного освещения по единым расчетным процедурам.

Стандарт применяется к стационарным осветительным установкам для освещения улиц, дорог и площадей, а также пешеходных пространств в городах и сельских поселениях, предназначенным для обеспечения необходимого уровня видимости для участников движения в тёмное время суток, обеспечения безопасности движения транспорта и пешеходов. Настоящий стандарт является третьим из пакета стандартов, регламентирующих классификацию, нормирование, расчёт и измерение параметров функционального наружного освещения.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р..... Освещение наружное функциональное. Часть 2. Требования и параметры (EN 13201-2:2004 Road lighting – Part 2: Performance requirements).

ГОСТ Р ...- 2011 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения;

### **3 Термины, определения, обозначения и сокращения**

#### **3.1 Термины и определения**

В настоящем стандарте применимы термины и определения по ГОСТ Р ...- 2011, а также используют следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1.1 меридиональный угол  $\gamma$ :** Угол между лежащими в одной меридиональной плоскости направлением, принятым за начало отсчета меридиональных углов в соответствующей системе фотометрирования, и произвольно выбранным лучом, исходящим из фотометрического центра осветительного прибора.

[ГОСТ Р ...- 2011, статья 4.15]

Примечание 1. ...°.

Примечание 2. См. рисунок 1.

**3.1.2 экваториальный угол  $C$ :** Угол между главной меридиональной плоскостью и меридиональной плоскостью, содержащей произвольно выбранный луч, исходящий из фотометрического центра светильника осветительного прибора.

[ГОСТ Р ...- 2011, статья 4.16]

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 2. См. рисунок 1.

**3.1.3 угол падения  $\varepsilon$  (angle of incidence):** Угол между падающим лучом и нормалью к поверхности.

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 2. См. рисунки 4, 13, 14.

**3.1.4 угол отклонения  $\beta$  (angle of deviation):** Угол, дополнительный к углу между вертикальной плоскостью, проходящей через световой центр светильника и точку наблюдения, и плоскостью, проходящей через наблюдателя и точку наблюдения.

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 2. См. рисунок 4.

**3.1.5 показатель яркости  $q$  (luminance coefficient):** Отношение яркости элемента поверхности в данном направлении к освещенности этого элемента.

Примечание 1. Единицы:  $\text{ср}^{-1}$ .

Примечание 2. Этот показатель может быть выражен формулой:

$$q = \frac{L}{E}, \quad (1)$$

где  $q$  – показатель яркости,  $\text{ср}^{-1}$ ,

$L$  – яркость,  $\text{кд}/\text{м}^2$ ,

$E$  – освещенность, лк.

**3.1.6 редуцированный показатель яркости  $r$  (reduced luminance coefficient):** Показатель яркости, умноженный на куб косинуса угла падения света в точку поверхности.

Примечание 1. Единицы:  $\text{ср}^{-1}$ .

Примечание 2. Этот показатель может быть выражен формулой:

$$r = q \cos^3 \varepsilon, \quad (2)$$

где  $q$  – показатель яркости,  $\text{ср}^{-1}$ ,

$\varepsilon$  – угол падения, град.

**Примечание 3.** Угол наблюдения, обозначенный  $\sigma$  на Рисунке 4, влияет на величину  $g$ . По соглашению величина этого угла для расчета дорожного освещения равна  $1^\circ$ . В интервале значений угла  $\sigma$  от  $0,5^\circ$  до  $1,5^\circ$ , при котором обычно рассчитывают яркость дорожной поверхности, величина  $g$  принимается постоянной.

**3.1.7 угол наклона при измерении  $\theta_m$  (tilt during measurement):** Угол между выбранной базовой осью светильника и горизонталью, когда светильник установлен в положение для проведения фотометрических измерений.

**Примечание 1.** Единицы:  $\dots^\circ$ .

**Примечание 2.** См. рисунок 8.

**Примечание 3.** В качестве выбранной базовой оси может быть принята любая характерная прямая светильника, но обычно для светильников, установленных сбоку от проезжей части дороги, такая прямая лежит в плоскости выходного отверстия вдоль оси посадочной втулки или сама является осью этой втулки.

В приведенном случае базовой осью светильника является его главная продольная ось.

Примечание 4. Как правило, при фотометрировании положение светильника выбирают таким, при котором угол  $\theta_m$  равен нулю.

**3.1.8 угол наклона при использовании  $\theta_f$  (tilt during application):** Угол между выбранной базовой осью светильника и горизонталью, когда светильник установлен в положение, при котором он используется в осветительной установке.

**Примечание 1.** Единицы:  $\dots^\circ$ .

**Примечание 2.** См. рисунки 1 и 8.

**Примечание 3.** Выбранной базовой осью светильника может быть любая характерная ось светильника, но обычно для светильников, установленных сбоку от проезжей части дороги, в качестве таковой принимают главную продольную ось светильника или ось посадочной втулки.

В приведенном случае базовой осью светильника является его главная продольная ось.

**3.1.9 угол разворота  $\nu$  (orientation) ориентация** (Ндп): Угол между выбранным направлением относительно дороги и направлением относительно светильника с координатами  $C=0^0$ ,  $\gamma=90^0$  (в системе фотометрирования  $(C,\gamma)$ ), когда фотометрическая ось светильника направлена вертикально вниз.

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 2. Для прямой дороги выбранное направление является продольной осью дороги.

Примечание 3. См. рисунок 7, который иллюстрирует принятое положительное направление вращения светильника по углу  $\nu$ .

**3.1.10 угол поворота  $\psi$  (rotation)**: Угол между фотометрической осью светильника и направлением на надир, когда угол наклона при измерении равен нулю.

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 2. См. рисунок 7, который иллюстрирует принятое положительное направление вращения светильника по углу  $\psi$ .

**3.1.11 фотометрическая ось (first photometric axis)**: Вертикальная ось, проходящая через фотометрический центр светильника, находящегося в положении при измерении.

Примечание 1. Полюса системы координат  $(C,\gamma)$  лежат на этой оси. См. рисунок 1.

Примечание 2. Эта ось наклонена, когда светильник отклонен от его положения при измерении.

**3.1.12 продольное направление (longitudinal direction)**: Направление, параллельное оси дороги.

**3.1.13 поперечное направление (transverse direction)**: Направление, перпендикулярное оси дороги.

Примечание. На криволинейной дороге поперечное направление совпадает с радиусом кривизны, проходящим через данную точку дороги.

**3.1.14 азимут расчетной точки  $\varphi$  (installation azimuth) азимут установки** (Ндп): Угол между базовым направлением (которое для прямой дороги является продольным) и вертикальной плоскостью, проходящей через данную расчетную точку и фотометрическую ось светильника, находящегося в положении при измерении.

Примечание 1. Единицы: ...°.

Примечание 1. См. рисунок 4.

**3.1.15 релевантная площадь (relevant area)** – Часть освещаемой площади, значимая с точки зрения принятых целей и критериев освещения.

**3.1.16 коэффициент эксплуатации (maintenance factor)** – Величина, обратная коэффициенту запаса.

## 3.2 Список обозначений и сокращений

Обозначения и сокращения параметров, используемых в этом стандарте, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Обозначения и сокращения параметров

Параметр		Единицы
Обозначение	Название или определение	
C	Экваториальный угол (см. рисунок 1)	...°
D	Шаг расчетных точек в продольном направлении	м
d	Шаг расчетных точек в поперечном направлении	м
E	Освещенность	лк
H	Высота светового центра светильника	м
L	Яркость	кд/м <sup>2</sup>
I	Сила света на килолюмен	кд/кЛМ

$L_p$	Суммарная яркость в точке Р	кд/м <sup>2</sup>
MF	Коэффициент эксплуатации	—
N	Количество расчетных точек в продольном направлении	—
n	Количество расчетных точек в поперечном направлении	—
q	Показатель яркости	ср <sup>-1</sup>
$Q_0$	Усредненный показатель яркости	ср <sup>-1</sup>
r	Редуцированный показатель яркости	ср <sup>-1</sup>
S	Шаг светильников	м
TI	Пороговое приращение	%
$L_v$	Эквивалентная вуалирующая яркость	кд/м <sup>2</sup>
$W_L$	Ширина проезжей полосы	м
$W_r$	Ширина релевантной площади	м
$W_s$	Ширина полосы	м
x	Абсцисса в системе координат (x,y) (см. рисунок 6)	м
y	Ордината в системе координат (x,y) (см. рисунок 6)	м
Φ	Световой поток лампы или ламп в светильнике	лм
α	Угол между вертикальной плоскостью, содержащей падающий луч света, и вертикальной плоскостью, перпендикулярной к плоскости полуцилиндра при расчете полуцилиндрической освещенности (см. рисунок 13)	...°
β	Угол отклонения (см. рисунок 4)	...°
γ	Меридиональный угол (см. рисунок 1)	...°
δ	Угол наклона при расчете (см. рисунок 8)	...°
ε	Угол падения (см. рисунок 4)	...°
θ <sub>f</sub>	Угол наклона при использовании (см. рисунок 8)	...°
θ <sub>m</sub>	Угол наклона при измерении (см. рисунок 8)	...°
ν	Угол разворота светильника (см. рисунок 7)	...°
σ	Угол наблюдения (см. рисунок 4)	...°
φ	Азимут расчетной точки (см. рисунок 4)	...°

$\psi$	Угол поворота светильника (см. рисунок 1)	...°
--------	---	------

#### 4 Принятые допущения

В настоящем стандарте приняты следующие допущения, учитываемые в математических процедурах:

- светильник рассматривается как точечный источник света;
- свет, отраженный от окружающих поверхностей, и переотраженный свет не учитываются;
- затенение света светильников деревьями и другими объектами не учитывается;
- атмосферное поглощение света равно нулю;
- поверхность дороги – плоская, без наклона и имеет однородные отражающие свойства на рассматриваемом участке дороги.

#### 5 Фотометрические данные

##### 5.1 Общие положения

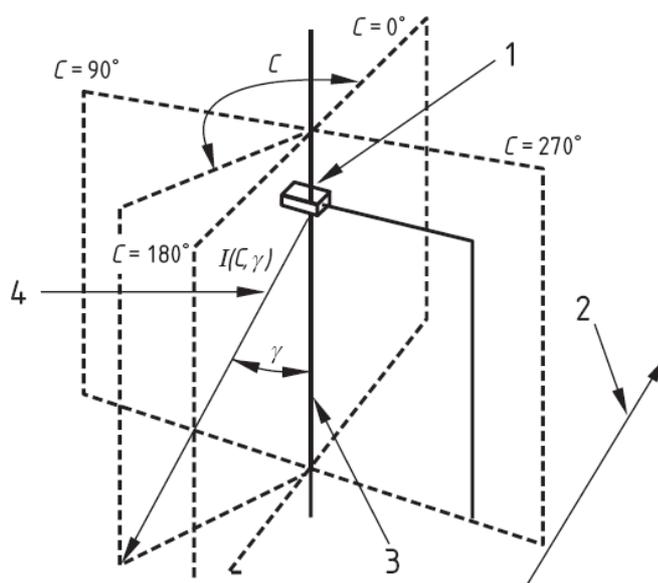
Фотометрические данные, описывающие светораспределение светильников, необходимы для проведения расчетов светотехнических характеристик в этом стандарте. Эти данные представляют в форме таблицы силы света (I-таблицы), которая содержит распределение силы света светильника по всем значимым направлениям. При проведении расчета яркости требуются фотометрические данные, описывающие светоотражающие свойства дорожной поверхности и выраженные в форме таблицы (r-таблицы).

Для получения данных, относящихся к направлениям, расположенным между табулированными углами, в указанных таблицах используют интерполяцию.

##### 5.2 I-таблица

Для проведения расчетов по этому стандарту необходима таблица силы света (I-таблица), выполненная в соответствии с [5]. Для светильников дорожного освещения используется фотометрическая система координат  $(C, \gamma)$ , показанная на рисунке 1, для прожекторов может быть использована система  $(B, \beta)$ . На указанном рисунке светильник показан в положении при измерении.

Сила света должна быть выражена в канделах на килолюмен (кд/клм) для суммарного светового потока источников света в светильнике.



1 – светильник в положении при измерении; 2 – продольное направление (направление движения транспорта по дороге); 3 – (первая) фотометрическая ось; 4 – направление силы света

Рисунок 1 – Ориентация системы координат  $(C, \gamma)$  относительно продольного направления проезжей части

Максимальные угловые интервалы, установленные в этом стандарте, выбраны исходя из приемлемой точности интерполяции при ее использовании.

В системе координат  $(C, \gamma)$  значения силы света должны быть определены при угловых интервалах, указанных ниже.

Для всех светильников угловые интервалы меридионального угла  $\gamma$  в азимутальных плоскостях  $C$  должны быть не менее  $2,5^0$  при изменении угла в диапазоне  $\gamma$  от  $0^0$  до  $180^0$ . Интервалы экваториального угла  $C$  должны варьироваться в зависимости от симметрии светораспределения светильника следующим образом:

а) для светильников, не имеющих симметрии относительно плоскости  $C=0^0$ , интервалы должны быть не менее  $5^0$  в диапазоне изменения угла  $C$  от  $0^0$  до  $355^0$ ;

б) для светильников, имеющих симметрию относительно плоскости  $C=270^0-90^0$ , интервалы должны быть не менее  $5^0$  в диапазоне изменения угла  $C$  от  $270^0$ , когда светильник находится в положении при измерении, до  $90^0$ ;

в) для светильников, имеющих симметрию относительно плоскостей  $C=270^0-90^0$  и  $C=0^0-180^0$ , интервалы должны быть не менее  $5^0$  в диапазоне изменения угла  $C$  от  $0^0$ , когда светильник находится в положении при измерении, до  $90^0$ ;

г) для светильников, имеющих круговую симметрию, требуется только одна экваториальная плоскость  $C$ .

*Пр и м е ч а н и е .* Угловые интервалы, рекомендованные публикацией CIE-140, шире рекомендованных выше, и не могут обеспечить удовлетворительную точность при расчете освещенности.

### **5.3 Интерполяция I-таблицы**

#### **5.3.1 Общие положения**

Сила света по направлениям, не соответствующим табличным, определяется с помощью линейной или квадратичной интерполяции. Линейная интерполяция более простая процедура и может использоваться там, где угловые интервалы соответствуют интервалам, установленным в п.5.2. Если эти интервалы больше, то требуется использовать квадратичную интерполяцию.

### 5.3.2 Линейная интерполяция

Чтобы определить значение силы света  $I(C, \gamma)$  по направлению  $(C, \gamma)$ , нужно провести интерполяцию по значениям силы света в четырех узлах ячейки, в которую попало данное направление, см. рисунок 2, т.е.

$$\begin{aligned} C_i \leq C \leq C_{i+1}, & \quad i=1, 2 \dots m-1, \\ \gamma_j \leq \gamma \leq \gamma_{j+1}, & \quad j=1, 2 \dots n-1, \end{aligned}$$

где  $m$  и  $n$  – количество узлов I-таблицы по экваториальным и меридиональным углам соответственно.

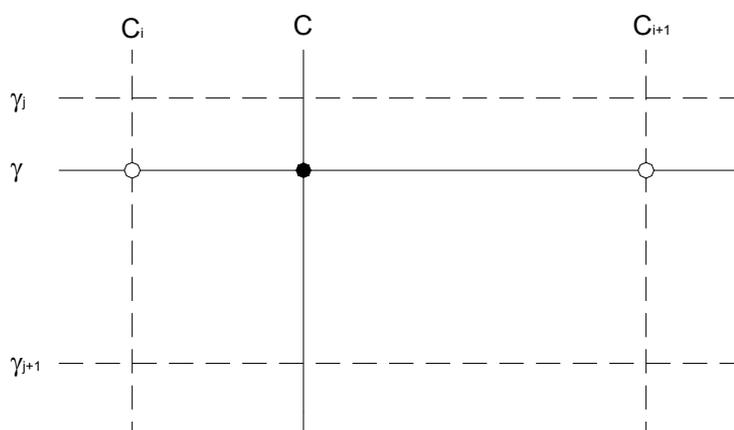


Рисунок 2 – Выбор узлов сетки при линейной интерполяции

Для этого используют следующие или математически эквивалентные им уравнения:

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

где

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

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

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

где

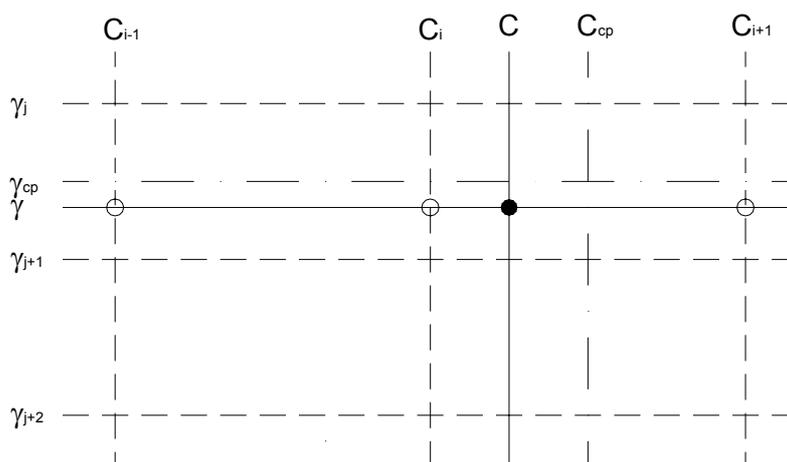
$$K_C = \frac{C - C_i}{C_{i+1} - C_i}. \quad (7)$$

В приведенном алгоритме интерполяция проводится сначала по углу  $C$ , а потом по углу  $\gamma$ . При необходимости порядок интерполяции можно изменить, т.е. сначала по углу  $\gamma$ , а потом по углу  $C$ , результат будет тот же.

### 5.3.3 Квадратичная интерполяция

Для квадратичной интерполяции требуется три узла по каждому углу.

Рисунок 3 иллюстрирует процедуру выбора расчетных узлов.



*Случай:  $C < C_{cp}, \gamma > \gamma_{cp}$*

Рисунок 3 – Выбор узлов сетки при квадратичной интерполяции

Алгоритм выбора расчетных узлов следующий. Для угла  $C$  сначала рассчитывается средний угол  $C_{cp} = \frac{C_i + C_{i+1}}{2}$ , который затем сравнивается с заданным

углом  $C$ :

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

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

Аналогично определяются три узла  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  для заданного угла  $\gamma$ .

Вблизи граничных областей  $C = 0^0$ , или  $\gamma = 0^0$ , или  $\gamma = 180^0$  интерполяция выполняется в соответствии с 5.3.4.

Для расчета искомого значения силы света  $I(C, \gamma)$  используется следующее выражение, где  $x = C$  и  $y = \gamma$ , –

$$I(x, y) = K_{y1}I(x, y_1) + K_{y2}I(x, y_2) + K_{y3}I(x, y_3), \quad (8)$$

где

$$K_{y1} = \frac{(y - y_2)(y - y_3)}{(y_1 - y_2)(y_1 - y_3)}, \quad (9)$$

$$K_{y2} = \frac{(y - y_1)(y - y_3)}{(y_2 - y_1)(y_2 - y_3)}, \quad (10)$$

$$K_{y3} = \frac{(y - y_1)(y - y_2)}{(y_3 - y_1)(y_3 - y_2)}, \quad (11)$$

$$I(x, y_1) = K_{x1}I(x_1, y_1) + K_{x2}I(x_2, y_1) + K_{x3}I(x_3, y_1), \quad (12)$$

$$I(x, y_2) = K_{x1}I(x_1, y_2) + K_{x2}I(x_2, y_2) + K_{x3}I(x_3, y_2), \quad (13)$$

$$I(x, y_3) = K_{x1}I(x_1, y_3) + K_{x2}I(x_2, y_3) + K_{x3}I(x_3, y_3), \quad (14)$$

где

$$K_{x1} = \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)}, \quad (15)$$

$$K_{x2} = \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)}, \quad (16)$$

$$K_{x3} = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)}. \quad (17)$$

В приведенном алгоритме интерполяция проводится сначала по углу  $C$ , а потом по углу  $\gamma$ . При необходимости порядок интерполяции можно изменить, т.е. сначала по углу  $\gamma$ , а потом по углу  $C$ , результат при этом не изменится.

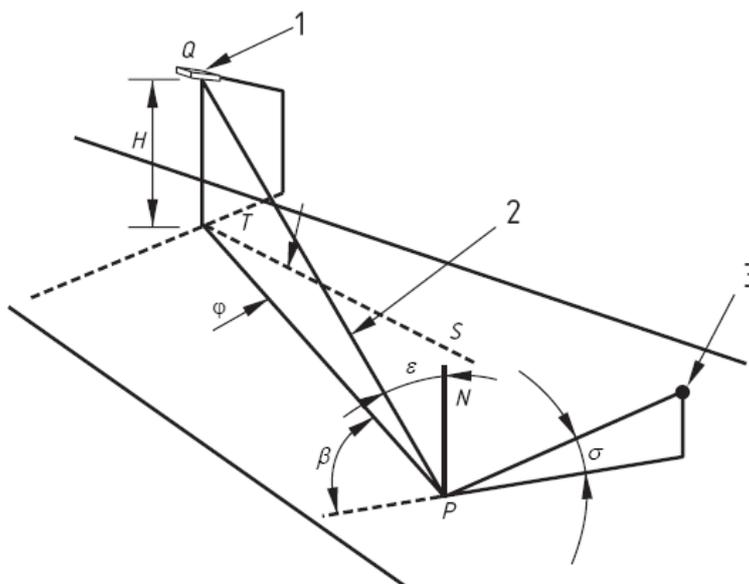
### 5.3.4 Квадратичная интерполяция в граничных областях

Для квадратичной интерполяции в областях  $C=0^0$ , или  $\gamma = 0^0$ , или  $\gamma = 180^0$  возможно потребуется принять значение силы света в третьем узле из диапазона углов от  $C=90^0$  через  $C=180^0$  до  $C=270^0$ , рассматривая распределение си-

лы света в этом диапазоне как зеркальное отображение распределения силы света в диапазоне от  $C=270^0$  через  $C=0^0$  до  $C=90^0$ .

#### 5.4 г-таблица

Данные, характеризующие отражающие свойства дорожного покрытия, представляются в виде значений редуцированного показателя яркости, умноженных на 10000, соответствующих угловым интервалам и направлениям, приведенным в таблице 2 для углов  $\beta$  и  $\varepsilon$ , показанных на рисунке 4.



1 – светильник; 2 – луч света; 3 – наблюдатель; H – высота светового центра светильника над поверхностью дороги; PN – нормаль к поверхности дороги в точке P; Q – фотометрический центр светильника; QT – первая фотометрическая ось светильника; ST – продольное направление;  $\beta$  – дополнительный угол;  $\varepsilon$  – угол падения;  $\sigma$  – угол наблюдения;  $\varphi$  – азимут расчетной точки

Рисунок 4 – Угловые параметры, связывающие светильник в положении при измерении, наблюдателя и расчетную точку

Таблица 2 – Форма таблицы редуцированных показателей яркости дорожно-го покрытия

tg ε	Угол β, град																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.75	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.75	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
6	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
6.5	x	x	x	x	x	x	x	x												
7	x	x	x	x	x	x	x													
7.5	x	x	x	x	x	x														
8	x	x	x	x	x															
8.5	x	x	x	x																
9	x	x																		
9.5	x																			
10	x																			
10.5	x																			
11	x																			
11.5	x																			
12	x																			

Ячейки, которые должны содержать значения редуцированного коэффициента яркости, помечены знаком "x".

## 5.5 Интерполяция $\gamma$ -таблицы

Когда значения величины  $\gamma$  требуются для значений величин  $\tan \varepsilon$  и  $\beta$ , лежащих между табличными значениями, необходимо использовать квадратичную интерполяцию. Для этого необходимы по три значения  $\gamma$  для каждой интерполируемой величине. Рисунок 5 иллюстрирует процедуру выбора узлов  $\gamma$ -таблицы. Порядок интерполяции следующий: сначала выполняется интерполяция по углу  $\beta$ , а затем по величине  $\tan \varepsilon$ .

Для уменьшения погрешности интерполяции следует применять следующее правило. Два первых значения являются соседними к данной величине, а третье значение выбирается ближайшим большим. Для приграничных областей применяется линейная интерполяция.

Последующая математическая процедура аналогична той, что описана в 5.3.3.

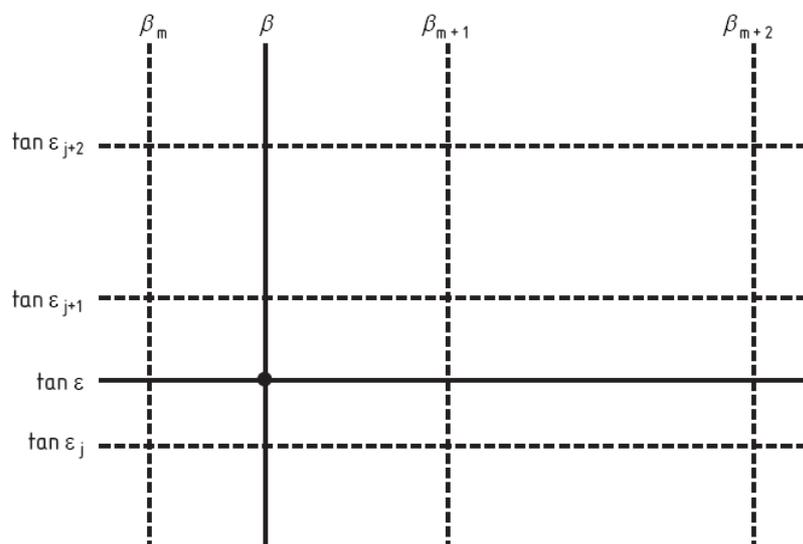


Рисунок 5 – Выбор узлов сетки при квадратичной интерполяции в  $\gamma$ -таблицы

## 6 Расчет силы света $I(C, \gamma)$

### 6.1 Общие положения

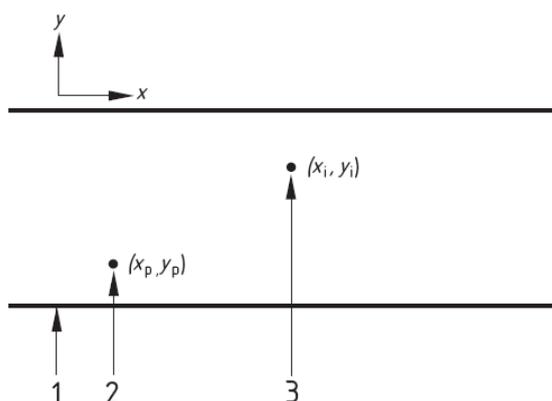
Для определения силы света светильника в направлении к расчетной точке необходимо найти угловые координаты (углы  $\alpha$  и  $\gamma$ ) луча света по этому направлению. Для этого в расчете должны быть учтены такие параметры светильника как: угол наклона при использовании, угол разворота и угол поворота. С этой целью необходимо установить положительное направление отсчета расстояний на дороге и углов поворота координатных осей. В стандарте принята правовинтовая декартова система координат.

## 6.2 Математические соглашения по отсчету расстояний на дороге

На рисунке 6 показана принятая прямоугольная система координат  $(x,y)$ , в которой за ось  $x$  принята продольная ось дороги. Тогда относительные координаты расчетной точки  $(x,y)$  относительно абсолютных координат расчетной точки  $(x_p, y_p)$  и проекции светового центра  $i$ -го светильника на дорогу  $(x_i, y_i)$  определяются как

$$x = x_p - x_i, \quad (18)$$

$$y = y_p - y_i. \quad (19)$$

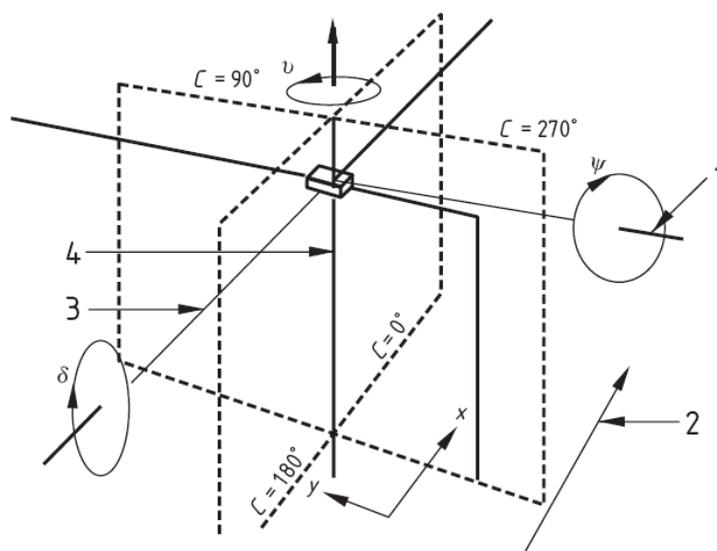


1 – граница проезжей части; 2 – расчетная точка; 3 – светильник

Рисунок 6 – Система координат  $(x,y)$  для привязки светильника в плане

## 6.3 Математические соглашения по отсчету поворотов осей

На рисунке 7 показаны оси и направление вращений относительно системы координат (x,y). Ось I – фиксирована в пространстве, оси II и III – могут быть повернуты относительно оси I.

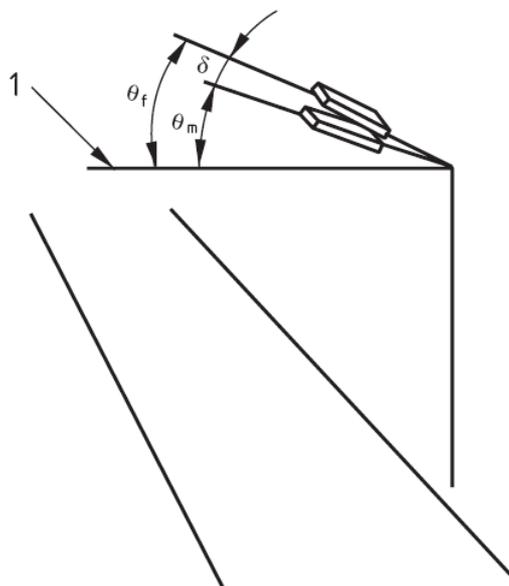


1 – ось III; 2 – продольная ось (направление движения); 3 – ось II;  
4 – первая (фотометрическая) ось I

Рисунок 7 – Оси вращения относительно системы координат (x,y)

На рисунке 8 показана взаимосвязь угла наклона при расчете –  $\delta$ , угла наклона при измерении –  $\theta_m$  и угла наклона при использовании –  $\theta_f$ , из которого следует, что

$$\delta = \theta_f - \theta_m, \quad (20)$$



1 – горизонталь

Рисунок 8 – Иллюстрация к определению угла наклона при расчете

#### 6.4 Расчет углов $C$ и $\gamma$

Для произвольной ориентации светильника в системе координат  $(x, y)$ , задаваемой углами  $\nu, \psi, \delta$  (рисунок 7), и расположения светильника относительно расчетной точки, задаваемого параметрами  $x, y$  (рисунок 6) и высотой над расчетной плоскостью  $H$  (рисунок 4), расчет углов  $C$  и  $\gamma$  проводят по следующей процедуре:

1) рассчитывают вспомогательные параметры  $x', y'$  и  $H'$  в системе координат светильника по формулам:

$$x' = x(\cos \nu \cos \psi - \sin \nu \sin \delta \sin \psi) + y(\sin \nu \cos \psi + \cos \nu \sin \delta \sin \psi) + H \cos \delta \sin \psi, \quad (21)$$

$$y' = -x \sin \nu \cos \delta + y \cos \nu \cos \delta - H \sin \delta, \quad (22)$$

$$H' = -x(\cos \nu \sin \psi + \sin \nu \sin \delta \cos \psi) - y(\sin \nu \sin \psi - \cos \nu \sin \delta \cos \psi) + H \cos \delta \cos \psi; \quad (23)$$

2) рассчитывают экваториальный угол  $C$  в системе координат светильника по формуле:

$$C = \varphi - \nu, \quad (24)$$

где угол  $\varphi$  определяют из таблицы 3.

Таблица 3 – Формулы для расчета угла  $\varphi$ 

$x'$	$y'$	Интервал $\varphi$	$\varphi$	Номер формулы
$> 0$	$\geq 0$	$0^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ}$	$\operatorname{arctg} \frac{y'}{x'}$	(25)
$< 0$		$90^{\circ} \leq \varphi \leq 180^{\circ}$	$180^{\circ} + \operatorname{arctg} \frac{y'}{x'}$	(26)
$< 0$	$< 0$	$180^{\circ} \leq \varphi \leq 270^{\circ}$	$180^{\circ} + \operatorname{arctg} \frac{y'}{x'}$	(27)
$> 0$		$270^{\circ} \leq \varphi \leq 360^{\circ}$	$360^{\circ} + \operatorname{arctg} \frac{y'}{x'}$	(28)
$= 0$	$\neq 0$		$90^{\circ}$	
	$= 0$		принимается $0^{\circ}$	

3) рассчитывают искомый меридиональный угол  $\gamma$  в системе координат светильника в соответствии с таблицей 4:

Таблица 4 – Формулы для расчета угла  $\gamma$ 

$H'$	$\gamma$	Номер формулы
$> 0$	$\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}{H'}$	(29)
$= 0$	$90^{\circ}$	
$< 0$	$180^{\circ} + \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}{H'}$	(30)

Далее для найденных углов  $C$  и  $\gamma$ , используя I-таблицу и соответствующие интерполяционные формулы, определяют искомое значение  $I(C, \gamma)$  в расчетной точке.

## 7 Расчет светотехнических показателей

### 7.1 Расчет яркости

### 7.1.1 Яркость в точке

Яркость дорожного покрытия в данной точке определяется по ниже приведенной или математически эквивалентной формуле:

$$L = \frac{I \cdot r \cdot \Phi \cdot MF \cdot 10^{-4}}{H^2}, \quad (31)$$

где  $L$  – яркость дорожного покрытия, в кд/м<sup>2</sup>,

$I$  – сила света светильника в направлении  $(C, \gamma)$ , указанном на рисунках 1 и 4, в кд/кЛМ,

$r$  – редуцированный показатель яркости дорожного покрытия для луча света с координатами  $(\epsilon, \beta)$ , в ср<sup>-1</sup>,

$\Phi$  – начальный световой поток всех источников света в светильнике, в кЛМ,

$MF$  – величина, обратная коэффициенту запаса,

$H$  – высота светового центра светильника над поверхностью дороги, в м.

Величина  $I$  определяется из  $I$ -таблицы светильника (см. 5.2) после того как учтены поправки на разворот, наклон при расчете и поворот светильника согласно раздела 6, сделана интерполяция согласно 5.3, а также выполнены другие необходимые поправки, например, коррекция светового потока ламп вследствие температурной зависимости от условий работы светильника.

Величина  $r$  определяется из  $r$ -таблицы с учетом квадратичной интерполяции согласно 5.5.

### 7.1.2 Суммарная яркость в точке

Суммарная яркость  $L_p$  в расчетной точке  $P$  определяется суммой яркостей  $L_1, L_2, L_3 \dots L_n$  в этой точке от каждого из  $n$  светильников, включаемых в расчет согласно 7.1.6:

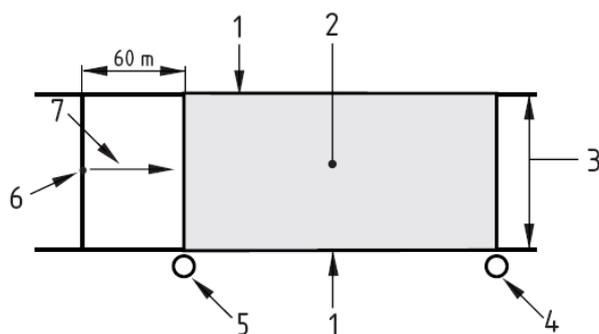
$$L_p = L_1 + L_2 + \dots + L_k + \dots + L_n = \sum_{k=1}^n L_k. \quad (32)$$

### 7.1.3 Расчетное поле для яркости

В продольном направлении расчетное поле ограничивается двумя соседними светильниками одного ряда (рисунок 9), из которых ближний к наблюдателю удален от него на 60 м.

Там, где имеется более чем один ряд светильников с разным шагом, расчетное поле определяется по ряду с наибольшим шагом.

**Примечание.** Процедура не может дать единого значения яркости для всей установки, так как для участков с разным шагом яркости будут различны. Предпочтительно, рассчитать яркость и ее равномерность для участка наибольшей длины и для разных позиций наблюдателя.



1 – граница значимой области (проезжей части); 2 – расчетное поле; 3 – ширина значимой области  $W_r$ ; 4 – дальний светильник расчетного поля; 5 – ближний светильник расчетного поля; 6 – положение наблюдателя; 7 – направление линии зрения наблюдателя

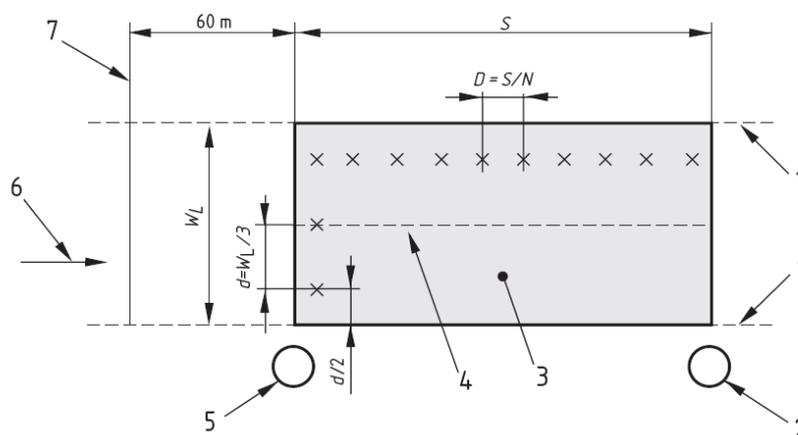
Рисунок 9 – Расчетное поле для яркости

### 7.1.4 Положение расчетных точек

Расчетные точки должны равномерно располагаться на расчетном поле, как показано на рисунке 10.

Первый и последний поперечные ряды расчетных точек располагаются на половине продольного шага расчетных точек от границ расчетного поля (см. рисунок 10).

Примечание. Что касается положения первого и последнего поперечных рядов расчетных точек, сетка аналогична сетке при расчете освещенности (рисунок 15).



1 – граница полосы движения; 2 – дальний светильник расчетного поля; 3 – расчетное поле; 4 – центральная линия полосы движения; 5 – ближний светильник расчетного поля; 6 – направление линии зрения наблюдателя; 7 – положение наблюдателя в продольном сечении. Значком "x" помечена линия расчетных точек в продольном и поперечном направлениях.

Рисунок 10 – Расположение расчетных точек на полосе движения

Шаг расчетных точек в продольном и поперечном направлениях выбираются следующим образом:

а) в продольном направлении шаг определяется из формулы:

$$D = \frac{S}{N}, \quad (33)$$

где  $D$  – шаг расчетных точек в продольном направлении, в м,

$S$  – шаг светильников в ряду, в м,

$N$  – количество расчетных точек в продольном направлении, определяемое следующим образом: если  $S \leq 30$  м, то  $N=10$ , если  $S > 30$  м, то  $N$  – наименьшее целое число, при котором  $S/N \leq 3$  м.

Первый поперечный ряд расчетных точек отстоит от ближней к наблюдателю границы расчетного поля на расстоянии  $D/2$ .

б) в продольном направлении шаг определяется из формулы:

$$d = \frac{W_L}{3} , \quad (34)$$

где  $d$  – шаг расчетных точек в поперечном направлении, в м,

$W_L$  – ширина полосы движения, в м,

Крайние ряды расчетных точек удалены от границ полосы движения на расстояние  $d/2$ .

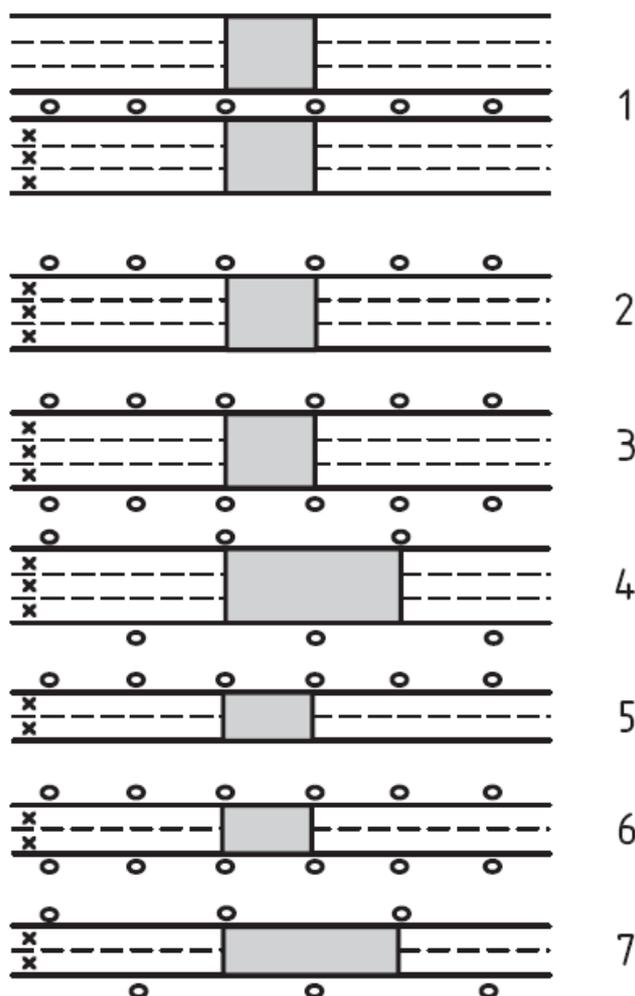
Там, где имеются обочины с твердым покрытием и необходима информация о яркости, количество и шаг расчетных точек выбираются так же, как для полосы проезжей части.

### **7.1.5 Положение наблюдателя**

При расчете яркости глаз наблюдателя должен располагаться на высоте 1,5 м над уровнем покрытия дороги.

В поперечном направлении наблюдатель должен находиться по очереди в середине каждой полосы движения. Средняя яркость (см. 8.2), общая равномерность яркости (см. 8.3) и пороговое приращение (см. 8.5) должны рассчитываться для всей проезжей части для каждой позиции наблюдателя. Продольная равномерность яркости (см. раздел 8.) должна рассчитываться для центральной линии каждой полосы движения. В качестве значимого (критичного) значения средней яркости, общей и продольной равномерности яркости должно быть выбрано наименьшее, а для порогового приращения – наибольшее значение из значений соответствующих величин, рассчитанных для разных позиций наблюдателя.

На рисунке 11 приведены примеры расположения наблюдателя относительно расчетного поля.



1 – шести полосная дорога с центральной разделительной полосой; 2 – трехполосная дорога с односторонним расположением светильников; 3 – трехполосная дорога с двусторонним расположением светильников; 4 – трехполосная дорога с шахматным расположением светильников; 5 – двухполосная дорога с односторонним расположением светильников; 6 – двухполосная дорога с двусторонним расположением светильников; 7 – двухполосная дорога с шахматным расположением светильников

Обозначения: "x" – наблюдатель, серый прямоугольник – расчетное поле

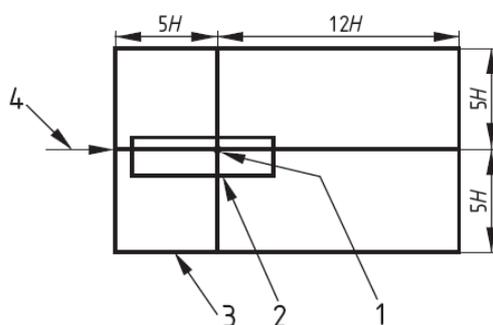
Рисунок 11 – Примеры расположения наблюдателя относительно расчетного поля

### 7.1.6 Светильники, включаемые в расчет

Границы поля, охватывающего светильники, включаемые в расчет яркости в расчетной точке (рисунок 12), определяются следующим образом:

- а) боковые границы поля отстоят от расчетной точки на расстояние не менее 5-кратной высоты расположения светильника над дорогой,
- б) дальняя от наблюдателя граница поля отстоит от расчетной точки на расстояние не менее 12-кратной высоты расположения светильника над дорогой,
- в) ближняя от наблюдателя граница поля отстоит от расчетной точки на расстояние не менее 5-кратной высоты расположения светильника над дорогой.

**Примечание.** Границы поля светильников определены в соответствии с размерами поверхности дороги, покрываемой значениями  $r$ -таблицы.



1 – расчетная точка; 2 – границы расчетного поля; 3 – границы поля светильников; 4 – направление наблюдения

Рисунок 12 – Границы поля светильников, включаемых в расчет яркости

## 7.2 Расчет освещенности

### 7.2.1 Общие положения

В зависимости от требования настоящего стандарта для расчета применяются следующие виды освещенности:

- горизонтальная освещенность,
- полуцилиндрическая освещенность.

### 7.2.2 Горизонтальная освещенность в точке

Расчетные точки должны располагаться на уровне дорожного покрытия на релевантной площади.

Горизонтальная освещенность в данной точке определяется по ниже приведенной или математически эквивалентной формуле:

$$E = \frac{I \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{H^2}, \quad (35)$$

где  $E$  – горизонтальная освещенность в точке, в лк,

$I$  – сила света светильника в направлении точки, в кд/кЛМ,

$\varepsilon$  – угол падения луча света в точку, в град.,

$\Phi$  – начальный световой поток всех источников света в светильнике, в кЛМ,

$MF$  – величина, обратная коэффициенту запаса,

$H$  – высота светового центра светильника над поверхностью дороги, в м.

### 7.2.3 Полуцилиндрическая освещенность в точке

Расчетные точки должны располагаться в плоскости на высоте 1,5 м над уровнем дорожного покрытия на релевантной площади.

Полуцилиндрическая освещенность зависит от направления наблюдения. Вертикальная плоскость наблюдения на рисунке 13 должна располагаться под прямым углом к задней плоской поверхности цилиндра и ориентирована параллельно главным направлениям движения пешеходов, которые для дорог обычно являются продольными направлениями.

Полуцилиндрическая освещенность в данной точке определяется по ниже приведенной или математически эквивалентной формуле:

$$E = \frac{I \cdot (1 + \cos \alpha) \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot \sin \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{\pi \cdot (H - 1,5)^2}, \quad (36)$$

где  $E$  – полуцилиндрическая освещенность в точке, в лк,

$I$  – сила света светильника в направлении точки, в кд/кЛМ,

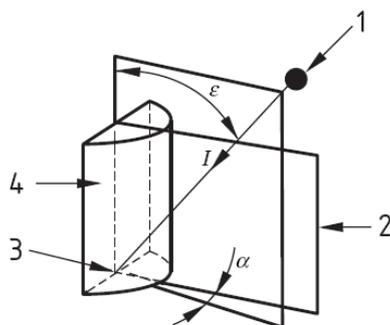
$\alpha$  – угол между вертикальной плоскостью, содержащей падающий луч света, и вертикальной плоскостью, перпендикулярной к плоскости полуцилиндра, как показано на рисунке 13, в град.,

$\varepsilon$  – угол падения луча света в точку, в град.,

$\Phi$  – начальный световой поток всех источников света в светильнике, в кЛМ,

$MF$  – величина, обратная коэффициенту запаса,

$H$  – высота светового центра светильника над поверхностью дороги, в м.



1 – светильник; 2 – вертикальная плоскость, перпендикулярной к плоскости полуцилиндра; 3 – расчетная точка; 4 – плоскость полуцилиндра

Рисунок 13 – К расчету полуцилиндрической освещенности

## 7.2.4 Суммарная освещенность в точке

Суммарная освещенность  $E_P$  в расчетной точке Р определяется суммой освещенностей  $E_1, E_2, E_3 \dots E_n$  в этой точке от  $n$  светильников, включаемых в расчет согласно 7.2.9:

$$E_P = E_1 + E_2 + \dots + E_k + \dots + E_n = \sum_{k=1}^n E_k . \quad (37)$$

**Примечание.** Суммироваться могут освещенности только одного вида. Более того, для полуцилиндрической освещенности расчетная поверхность должна иметь одну и ту же ориентацию в каждой расчетной точке.

### 7.2.5 Расчетное поле для освещенности

Расчетное поле должно быть таким, как показано на рисунке 11.

**Примечание.** В целях экономии компьютерного процессорного времени для шахматной схемы расположения светильников расчетное поле может быть определено между двумя ближайшими светильниками, расположенными по разные стороны дороги.

### 7.2.6 Положение расчетных точек

Расчетные точки должны располагаться на расчетном поле равномерно, как показано на рисунке 14, а их количество выбирается следующим образом:

а) в продольном направлении шаг определяется из уравнения:

$$D = \frac{S}{N} , \quad (38)$$

где  $D$  – шаг расчетных точек в продольном направлении, в м,

$S$  – шаг светильников в ряду, в м,

$N$  – количество расчетных точек в продольном направлении, определяемое следующим образом: если  $S \leq 30$  м, то  $N=10$ , если  $S > 30$  м, то  $N$  – наименьшее целое число, при котором  $S/N \leq 3$  м.

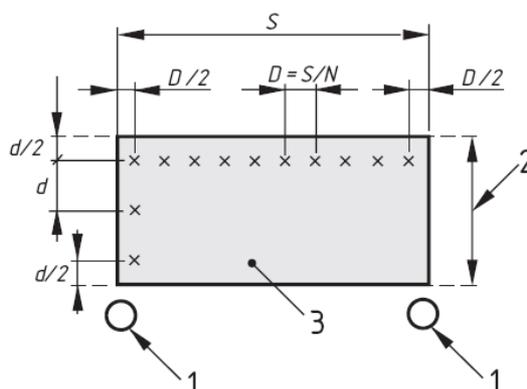
Первый поперечный ряд расчетных точек отстоит от ближней к наблюдателю границы расчетного поля на расстоянии  $D/2$ , как показано на рисунке 14.

б) в поперечном направлении шаг определяется из уравнения:

$$d = \frac{W_r}{3}, \quad (39)$$

где  $d$  – шаг расчетных точек в поперечном направлении, в м,  
 $W_r$  – ширина проезжей части или релевантной площади, в м,  
 $n$  – количество расчетных точек в поперечном направлении, определяемое числом, большим или равным трем и являющимся наименьшим целым, при котором  $d \leq 1,5$  м.

Крайние ряды расчетных точек удалены от границ релевантной площади на расстоянии  $d/2$ , как показано на рисунке 14.



1 – светильник; 2 – ширина релевантной площади; 3 – расчетное поле

Значком "x" помечена линия расчетных точек в продольном и поперечном направлениях.

Рисунок 14 – Расположение расчетных точек на релевантной площади

### 7.2.7 Светильники, включаемые в расчет

Светильники, располагаемые относительно расчетной точки на расстоянии не более 5-кратной высоты расположения светильника над дорогой, включаются в расчет освещенности.

### 7.2.8 Освещенность на участках нестандартной формы

Такие участки необходимо включить в большее по размеру прямоугольное расчетное поле. Сетка расчетных точек, используемая для расчетов нормируемых параметров, должна быть выбрана из тех точек, которые лежат внутри границ релевантной площади. Когда шаг светильников нерегулярен, его трудно связать с шагом сетки расчетных точек, который в любом направлении не должен быть больше 1,5 м. Главные направления потока пешеходов при расчете полуцилиндрической освещенности должны быть определены после рассмотрения использования или вероятного использования участка.

## **8 Расчет нормативных параметров**

### **8.1 Общие положения**

Значения нормативных параметров, относящихся к яркости или освещенности, должны быть получены на основе табулированных значений яркости или освещенности без дальнейшей интерполяции. Если сетка расчетных точек не совпадает с центральной линией полос движения, для определения продольной равномерности необходимо рассчитать яркость в точках центральной линии каждой полосы и (если имеется) обочины с твердым покрытием в соответствии с п.8.4.

При расчете начальных средних значений яркости и освещенности коэффициент MF принимается, равным 1,0, а значения светового потока источников света в светильниках должны соответствовать начальным значениям. При расчете средних значений яркости и освещенности к концу установленного периода эксплуатации величина коэффициента MF должна принимать значение, соответствующее условиям работы светильника в установке в окружающей среде с учетом значения светового потока источников света в светильнике к указанному сроку.

### **8.2 Средняя яркость**

Средняя яркость  $L_{cp}$  должна рассчитываться как среднее арифметическое яркостей в узлах сетки расчетного поля.

### **8.3 Общая равномерность яркости**

Общая равномерность должна рассчитываться как отношение наименьшей среди всех узлов сетки расчетного поля яркости к средней яркости.

### **8.4 Продольная равномерность яркости**

Продольная равномерность должна рассчитываться как отношение наименьшей яркости к наибольшей среди узлов сетки расчетного поля, лежащих на центральной линии каждой полосы движения и твердых обочин автомобильных дорог (рисунок 11). Количество расчетных точек в продольном направлении  $N$  и их шаг должны быть такими же, как и при расчете средней яркости.

Положение наблюдателя должно быть вдоль ряда расчетных точек.

### **8.5 Пороговое приращение**

Пороговое приращение (П) определяется по ниже приведенной или математически эквивалентной формуле:

$$PI = \frac{65}{L_{cp}^{0,8}} L_v, \%, \quad (40)$$

где

$$L_v = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\theta_k^2}, \quad (41)$$

где  $L_{cp}$  – средняя яркость расчетного поля, определяемая в соответствии с п.8.2, в кд/м<sup>2</sup>,

$L_v$  – эквивалентная вуалирующая яркость, в кд/м<sup>2</sup>,

$E_k$  – освещенность от  $k$ -го светильника на плоскости, перпендикулярной линии зрения наблюдателя и проходящей через его глаз, в лк,

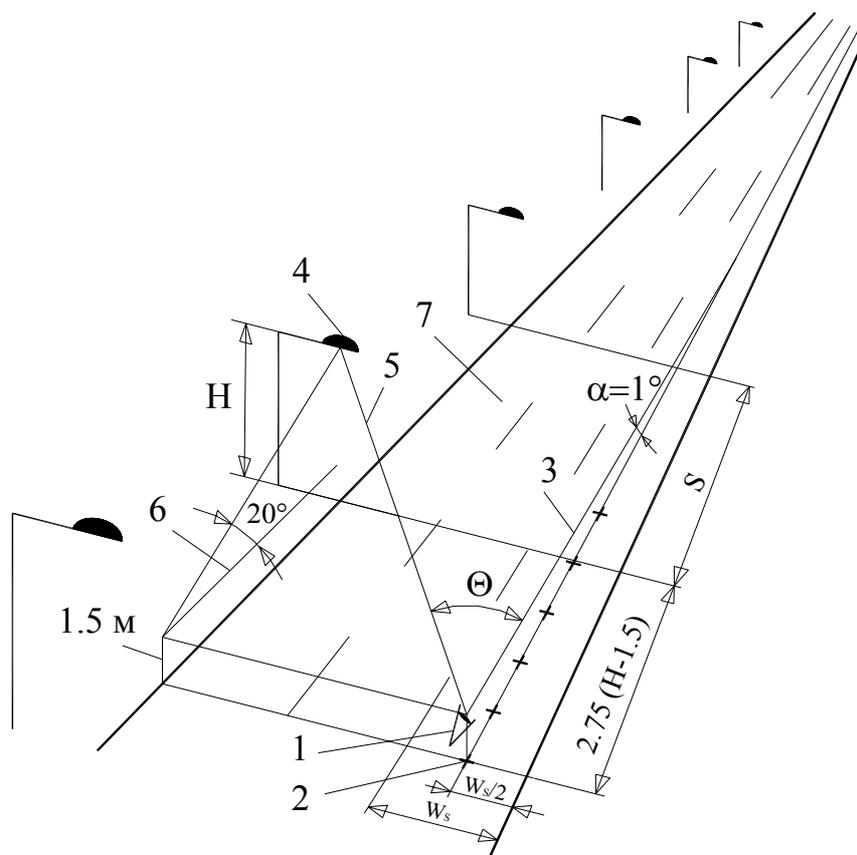
$\theta_k$  – угол между направлением на  $k$ -ый светильник и линией зрения наблюдателя, в град.,

$n$  – количество светильников, участвующих в расчете.

Входящая в формулу (42) величина средней яркости  $L_{\text{ср}}$  определяется для начальных условий эксплуатации. Формула справедлива для значений  $L_{\text{ср}}$ , лежащих в интервале  $0,05 \div 5$  кд/м<sup>2</sup>.

Глаз наблюдателя должен быть расположен на высоте 1,5 м над уровнем дороги, а линия зрения направлена под углом  $1^\circ$  ниже горизонта и лежать в вертикальной плоскости, параллельной оси дороги.

Количество светильников  $n$ , участвующих в расчете, определяется всеми светильниками, располагаемыми впереди точки расположения наблюдателя на расстоянии до 500 м, но для которых значение угла  $\theta$  не выходит за пределы интервала  $1,5^\circ < \theta < 60^\circ$  и которые не экранируются кабиной автомобиля, т.е. располагаются ниже плоскости экранирования, проходящей через глаз наблюдателя под углом  $20^\circ$  к горизонтали (рисунок 15).



1 – глаз наблюдателя; 2 – точки расположения наблюдателя; 3 – линия зрения; 4 – светильник; 5 – плоскость экранирования; 6 – линия горизонта; 7 – расчетное поле

Рисунок 15 – К расчету порогового приращения

Значения ТІ рассчитываются для наблюдателя, последовательно располагаемого в точках, лежащих на центральной линии полосы движения. Первая точка отстоит от границы расчетного поля на расстоянии  $2,75 \cdot (H - 1,5)$  м. Остальные точки размещаются с шагом и в количестве, определяемыми процедурой, аналогичной процедуре определения расчетных точек для расчета продольной равномерности яркости в соответствии с п.8.4.

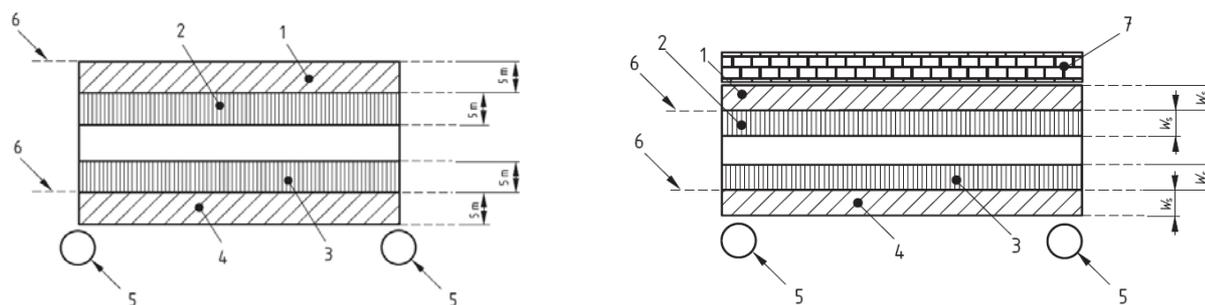
Среди значений ТІ, найденных в указанных расчетных точках данной полосы движения, максимальное значение принимается за критическое, с точки зрения соответствия нормативным требованиям. Аналогично процедура повторяется для всех полос движения.

## 8.6 Коэффициент периферийного освещения

Коэффициент периферийного освещения SR определяется как отношение средней горизонтальной освещенности на двух периферийных полосах шириной 5 м (или меньше, если пространство ограничено), примыкающих к обоим краям проезжей части извне, к средней горизонтальной освещенности на полосах проезжей части дороги шириной 5 м (или равной половине ширины проезжей части, если она меньше 10 м), примыкающих к обоим краям проезжей части изнутри, и рассчитывается по формуле:

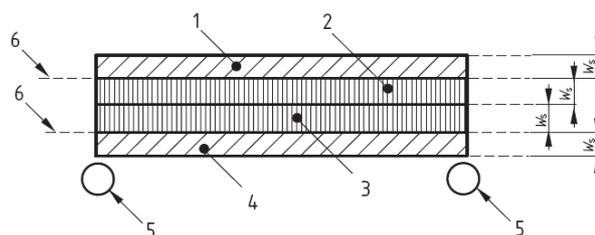
$$SR = \frac{E_1 + E_4}{E_2 + E_3}, \quad (42)$$

где  $E_1$ ,  $E_4$  и  $E_2$ ,  $E_3$  – средние освещенности расчетных полей соответственно периферийных полос и полос полотна дороги, примыкающих к обоим краям проезжей части дороги (рисунок 16), которые определяются по описанной выше методике расчета средней освещенности для проезжей части.



а) ширина полос равна 5 м

б) ширина полос меньше 5 м из-за препятствия



в) ширина полос меньше 5 м, так как ширина проезжей части меньше 10 м

1 и 4 – полосы на обочине (тротуаре); 2 и 3 – полосы на проезжей части; 5 – светильник; 6 – край проезжей части; 7 – препятствие (стена дома)

Рисунок 16 – Расположение и ширина полос с расчетными точками при расчете коэффициент периферийного освещения

Ширина  $W_s$  всех четырех полос должна быть одинакова и равна 5 м (рисунок 16а), за исключением следующих случаев:

если вследствие ограничения каким-либо препятствием, например, стеной дома, реальная ширина хотя бы одной из полос вне проезжей части меньше 5 м, то  $W_s$  равна этой реальной ширине, причем наименьшей при ограничении обеих указанных полос (рисунок 16б);

если ширина проезжей части меньше 10 м, то  $W_s$  равна половине ширины проезжей части (рисунок 16в), при этом для дороги с двусторонним движением обе стороны движения рассматриваются как единая проезжая часть, если они не разделены полосой шириной более 10 м.

Горизонтальная освещенность должна быть рассчитана по процедуре, установленной в 7.2.2. Расчетное поле должно быть таким, как это указано в 7.2.5. Количество учитываемых светильников должно быть таким же, как указано в 7.2.7. Положение расчетных точек по каждой полосе должно быть таким же, как указано в 7.2.6.

### **8.7 Средняя освещенность**

Средняя освещенность должна рассчитываться как среднее арифметическое освещенностей в узлах сетки расчетного поля.

Для конфликтных участков, пешеходных зон и непрямолинейных участков должна применяться процедура по 7.2.8.

### **8.8 Минимальная освещенность**

Под минимальной освещенностью должно пониматься наименьшее значение освещенности в узлах сетки расчетного поля.

### **8.9 Равномерность освещенности**

Равномерность освещенности должна рассчитываться как отношение наименьшего значения освещенности в узлах сетки расчетного поля к средней освещенности.

## **9 Протокольные данные**

При подготовке к расчету осветительной установки необходимо указать следующие исходные данные:

- а) тип светильников;
- б) I-таблицу;
- в) г-таблицу с указанием используемой величины  $Q_0$  (при расчете освещенности не требуется);
- г) угол наклона при измерении светильника;

- д) угол наклона при использовании светильника;
- е) угол поворота светильника в случае отличия от нуля;
- ж) угол разворота светильника в случае отличия от нуля;
- з) тип источников света;
- и) значение светового потока, используемое в расчете;
- к) используемое значение коэффициента MF;
- л) определение расчетного поля;
- м) расположение светильников в плане или значение их координат;
- н) значение установленной высоты светильников;
- о) выбранное направление движения пешеходов при расчете полуцилиндрической освещенности;
- п) любые отклонения от процедур, установленных настоящим стандартом.

**Приложение ДА**  
(справочное)  
**Сопоставление структуры настоящего стандарта**  
**со структурой примененного в нем европейского стандарта**  
**в части разделов 7 и 8**

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура европейского стандарта EN 13201-3:2007					
Раздел	Пункт	Подпункт	Раздел	Пункт	Подпункт			
7	7.1	7.1.1	7	7.1	7.1.1			
		7.1.2			7.1.2			
		7.1.3			7.1.3			
		7.1.4			7.1.4			
		7.1.5			7.1.5			
		7.1.6			7.1.6			
	7.2	7.2.1		7.2.1				
		7.2.2		7.2.2				
		–		7.2.3				
		7.2.3		7.2.4				
		–		7.2.5				
		7.2.4		7.2.6				
		7.2.5		7.2.7				
		7.2.6		7.2.8				
		7.2.7		7.2.9				
		7.2.8		7.2.10				
		8		8.1		8	8.1	
				8.2			8.2	
8.3	8.3							
8.4	8.4							
8.5	8.5							
8.6	8.6							
8.7	8.7		8.7.1					
8.8			8.7.2					
8.9			8.7.3					
					8.7.4			

### Библиография

- [1] Технический отчет CEN/TR 13201-1:2005 Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes (Дорожное освещение. Часть 1: Выбор светотехнических классов)
- [2] Европейский стандарт EN 12665:2002 Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements (Свет и освещение. Основные понятия и критерии для оценки освещения)
- [3] Рекомендации МКО CIE 140-2000 Road lighting calculations (Расчет дорожного освещения)
- [4] Европейский стандарт EN 13201-2:2004 Road lighting – Part 2: Performance requirements (Дорожное освещение. Часть 2. Технические требования)
- [5] Европейский стандарт EN 13032-1:2004 Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 1: Measurement and file format (Свет и освещение. Измерение и представление фотометрических данных ламп и светильников. Часть 1. Измерение и формат данных)

---

УДК 721:535.241.46.006.354 ОКС 91.040 Ж25 ОКСТУ 2009

Ключевые слова: дорожное освещение, расчет освещения, яркость дорожного покрытия, I-таблица, г-таблица, пороговое приращение, равномерность яркости, полуцилиндрическая освещенность

---

Генеральный директор  
ООО «ВНИСИ», к.т.н.

А.Г.Шахпарунянц

Зав. бюро стандартизации

Т.Н.Никифорова

Руководитель разработки –  
Зав. лаборатории 21

А.Ш.Черняк

Исполнитель –  
Ведущий научный сотрудник  
лаборатории 21, к.т.н.

А.А.Коробко