

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

V издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 25-28 мая 2010 г., Литовская Республика, г. Вильнюс

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 19-22 октября 2010 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 22 октября 2010 г.

Примечание: теряет силу IV издание от 16.11.2001 г.

**Р
615/2**

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НОРМАМ И ТЕХНИКЕ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	4
1.1. Общие положения.....	4
1.2. Характер и задачи освещения на железных дорогах.....	4
1.3. Классификация наружных территорий и светотехнических показателей.....	5
1.4. Виды освещения на железных дорогах.....	5
2. Нормирование освещения.....	6
2.1. Нормируемые показатели.....	6
2.2. Интенсивность освещения.....	6
2.3. Равномерность освещения.....	7
2.4. Защита от ослепляющего действия.....	8
2.5. Затеняющий эффект.....	10
2.6. Направление светового потока.....	12
2.7. Категории светотехнических показателей.....	12
3. Технические (осветительные) средства для освещения на железных дорогах.....	14
3.1. Осветительные средства, осветительные единицы и единицы площади освещения.....	14
3.2. Источники света, светильники.....	15
3.3. Осветительные опоры.....	16
4. Проектирование освещения на железных дорогах.....	16
4.1. Основные принципы проектирования освещения, критерии выбора осветительной системы.....	16
4.2. Типы общего освещения.....	17
4.3. Децентрализованное освещение.....	17
4.4. Централизованное освещение.....	17
4.5. Смешанное освещение.....	18
4.6. Рекомендуемые типы освещения.....	18
4.7. Комбинированное освещение.....	19
4.8. Охранное освещение.....	19
5. Эксплуатация освещения на железных дорогах.....	20
5.1. Основные положения по эксплуатации освещения.....	20
5.2. Обязанности при эксплуатации осветительных установок.....	21
5.3. Принципы качественного содержания и ремонта осветительных установок.....	21
6. Техничко-экономические исследования для сравнения вариантов.....	21
6.1. Технические показатели устройств наружного освещения железных дорог.....	21
6.2. Техничко-экономические показатели устройств наружного освещения железных дорог.....	22
6.3. Методы технико-экономических исследований.....	23

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

Освещенность	номинальная	E_n
	горизонтальная	E_h
	вертикальная	E_v
	максимальная	E_{max}
	средняя	\bar{E}
	минимальная	E_{min}
	на зрачке	E_{viz}
Равномерность освещения		R_1, R_2, R_3
Вектор силы света		I_{80}
Показатель ослепленности		Z
Яркость фона		L_f
Световой поток		Φ
Удельный световой поток		Q
Средняя световая отдача		f
Коэффициент использования освещения		η
Коэффициент отражения освещаемой поверхности		ρ
Постоянная показателя ослепленности		σ
Постоянная затеняющего эффекта		μ
Коэффициент уменьшения светового потока		λ
Коэффициент затенения		$\delta m_p, \delta m, \delta p$
Коэффициент пересчета освещенности при изменении U		ψ
Угол	защитный	$\theta \theta_1, \theta_2$
	действия блестящего источника	β
	вектора силы света	γ
	между вертикалью и макс. силой света	α
Класс освещенности		$RI, RII, RIII$
Категория по ослепляющему действию		BI, BII
Категория по затеняющему эффекту		$CI, CII, CIII$
Вариант освещения		$P1, PII, PIII$
Высота световой точки, мачты		H
Геометрия		
Минимально допустимая высота над освещаемой поверхностью		H_{min}
Расстояние до световой точки		l
Ширина затененной части междупутья		x_1, x_2, x_3
Суммарная площадь междупутий		$S S_m S_t$
Высота глаз работающего над поверхностью земли		h
Минимальная высота теневой фигуры		h_t
Высота светильника над уровнем глаз работающего		h'
Высота вагона		h_v
Расстояние между источниками света		Y
Расстояние между вагонами		y
Ширина площади освещения		a
Протяженность площади освещения		b
Площадь освещенной ж.д. единицы		A_{max}
Площадь полезно освещенной территории ж.д.		AN
Экономика		
Капитальные затраты		K
Эксплуатационные затраты		J
Годовые комплексные расходы		G
Денежные затраты		D
Технико-экономический показатель		m_g, m_j, m_k
Прочие параметры		
Электрическая мощность		W
Удельная электрическая мощность		w
Электрическое напряжение		U

1. Введение

1.1. Общие положения

1.1.1. Приведенные ниже рекомендации касаются вопросов освещения наружных железнодорожных территорий, например, железнодорожных станций и остановок, перронов, технологических территорий железных дорог, мест для погрузки и выгрузки, подходов для пассажиров и пр.

1.1.2. Величины светотехнических показателей осветительных установок должны отвечать требованиям обязательных технических норм для обеспечения необходимых условий зрительной работы в темное время суток.

1.1.3. Рекомендации касаются общего освещения, которое обеспечивает необходимую интенсивность и равномерность освещения для работы и пребывания на данной железнодорожной территории. Даются рекомендации для комбинированного и охранного освещения.

1.2. Характер и задачи освещения на железных дорогах

1.2.1. Основная задача наружного освещения на железных дорогах состоит в том, чтобы дать возможность персоналу и пассажиру определять:

- пространственное расположение и состояние движения подвижного состава;
- обеспечение беспрепятственного выполнения работы;
- препятствия, мешающие безопасному движению;
- железнодорожные сигналы;
- безопасность работы персонала и нахождения пассажиров в зоне железной дороги.

На рис. 1 показан вид и разрез освещенной характерными осветительными единицами территории железнодорожного движения с движущимся по рельсам или стоящим подвижным составом. Осветительные единицы освещают боковые и торцевые поверхности подвижного состава, а также пространство рядом с подвижным составом и между ним. Кроме освещения поверхностей и пространства имеются также поверхности подвижного состава, находящиеся в тени, положение которых изменяется во времени и пространстве.

Одна из характерных задач освещения на железных дорогах состоит в достаточном ограничении теневого эффекта в зависимости от железнодорожной технологии.

1.2.2. На железной дороге необходимо освещать большие территории, что связано со значительным расходом электрической энергии. Поэтому освещение необходимо осуществлять и эксплуатировать экономичным образом.

1.2.3. Осветительные установки на железных дорогах не служат для ориентировки поездного персонала магистрального движения и не должны этот персонал ослеплять.

Размещение осветительных установок на железнодорожных территориях ограничено недостаточными пространственными условиями. Необходимо, чтобы эти устройства не понижали общую безопасность в путевом парке (железнодорожном пространстве). Конструкции для установки осветительных

приборов не должны загромождать территорию и создавать опасность для работающих на территории станции.

1.3. Классификация наружных территорий и светотехнических показателей

1.3.1. Наружные железнодорожные территории разделяются в зависимости от их назначения и светотехнических показателей следующим образом:

- а) по их назначению;
- б) по интенсивности освещения;
- в) по равномерности;
- г) по степени защиты от ослепляющего воздействия;
- д) по затеняющему эффекту;
- е) по направлению светового потока.

1.3.2. Железнодорожную территорию разделяют по ее функциям на 5 эксплуатационных групп как это указано в таблице 1. Эксплуатационные группы подразделяются следующим образом:

1. Места обслуживания пассажиров;
2. Территории для технологических работ;
3. Территории для погрузки, выгрузки и пр.;
4. Территории пограничных станций и таможенных терминалов;
5. Остальные территории на железной дороге.

1.3.3. Классы освещения обозначаются римскими цифрами и отличаются по требованиям к параметрам освещенности. Самые высокие требования соответствуют I классу, по мере роста цифры класса требования снижаются. Разделение железнодорожной территории на классы освещения показано в табл.1.

1.3.4. В зависимости от местных условий, национальной специфики и специфических требований отдельных железных дорог границы групп и классов могут изменяться.

1.4. Виды освещения на железных дорогах

Различают следующие виды железнодорожного освещения:

- местное освещение;
- общее освещение (или основное);
- комбинированное освещение, т.е. общее плюс местное освещение;
- охранное (т.е. пониженное во время рабочего простоя);
- аварийное.

Применение приведенных видов освещения указано в главе IV.

2. Нормирование освещения на железнодорожном транспорте

2.1. Нормируемые показатели

2.1.1. Технические нормы определяют следующие светотехнические показатели:

- интенсивность освещения;
- равномерность освещения;
- защита от ослепляющего воздействия;
- затеняющий эффект;
- направление светового потока;
- граничное значение основной спектральной характеристики.

2.1.2. Помимо обязательных показателей могут устанавливаться показатели, обусловленные национальной спецификой отдельных железных дорог.

2.1.3. Нормирование освещения на уровне основных показателей производится лишь для общего освещения. Требования для комбинированного и охранного освещения устанавливаются в местных рабочих предписаниях для каждой освещаемой железнодорожной территории отдельно.

2.2. Интенсивность освещения

2.2.1. Различаются следующие интенсивности освещения:

а) горизонтальная освещенность обозначается **E_h** ;

б) вертикальная освещенность обозначается **E_v** .

Далее различают освещенность:

- максимальная по территории **E_{max}**
- средняя по территории **\bar{E}**
- минимальная по территории **E_{min}**

При этом у каждого указанного вида освещенности различают:

- максимальную по времени эксплуатации ;
- среднюю по времени эксплуатации ;
- минимальную по времени эксплуатации.

Горизонтальная освещенность измеряется на нормируемой освещаемой поверхности (см. рис. 2).

Вертикальная освещенность измеряется на высоте 1 - 1,5 м в плоскости, параллельной оси пути, обозначается **$E_{v=}$** , в плоскости перпендикулярной оси пути обозначается **E_{v+}** . Освещенность **$E_{v=}$** измеряется в вертикальной плоскости на расстоянии 1,5 м от оси пути, параллельно с осью пути. Освещенность **E_{v+}** измеряется в вертикальной плоскости над осью пути.

Максимальная освещенность является наибольшей интенсивностью на данной территории.

Средняя освещенность по территории является средней арифметической величиной интенсивностей, измеренных в отдельных, равномерно размещенных точках.

Минимальная освещенность является самой низкой интенсивностью на данной территории.

Минимальная освещенность по времени эксплуатации - самая низкая интенсивность освещения в данной части территории в течение времени эксплуатации, т.е. до очистки светильников или смены источников света.

Средняя освещенность по времени эксплуатации - средняя арифметическая освещенность в различных интервалах времени эксплуатации.

Максимальная освещенность по времени эксплуатации - интенсивность освещения непосредственно после смены источников света, после очистки и пр.

При проектировании для учета изменения освещенности во времени от максимальной величины до минимальной необходимо вводить в расчеты коэффициент запаса или фактор эксплуатации.

2.2.2. Нормируется, как правило, горизонтальная освещенность, средняя по территории и минимальная по времени эксплуатации, обозначается \bar{E}_h . В некоторых случаях (см. табл. 1) устанавливают вертикальную освещенность, среднюю по территории, минимальную по времени эксплуатации, обозначенную \bar{E}_v или поперечную, обозначенную \bar{E}_v+ .

2.2.3. Нормированию подлежат следующие величины \bar{E}_h , \bar{E}_v .

I класс интенсивности освещения: с 30 по 50 Lx

II класс интенсивности освещения: с 10 по 29 Lx

III класс интенсивности освещения: с 3 по 9 Lx

IV класс интенсивности освещения: с 0.5 по 2 Lx

2.2.4. Национальные технические стандарты могут установить и более высокие величины \bar{E}_h , \bar{E}_v или большее количество классов освещения, применяя Рекомендации CIE (Международной комиссии по освещению).

2.3.Равномерность освещения

2.3.1. Равномерность освещения определяется отношениями:

$$r_1 = \frac{E_{\min}}{\bar{E}}, \quad r_2 = \frac{\bar{E}_{\min}}{E_{\max}}, \quad r_3 = \frac{E_1}{E_2},$$

где E_{\min} - интенсивность освещения, минимальная по месту, минимальная по времени эксплуатации;

E_{\max} - интенсивность освещения, максимальная по месту, минимальная по времени эксплуатации;

E_1, E_2 - интенсивности освещения в двух точках на выбранном расстоянии (например, 10 м).

2.3.2. Национальные технические стандарты могут предписывать и другую величину равномерности освещения, но эта величина национального показателя должна отвечать после пересчета приблизительно величине показателя r_1

2.3.3. Нормированию подлежат показатели r_1 и r_2

Класс освещенности **RI**: $r_1 \geq 0,33$ $r_2 \geq 0,07$

Класс освещенности **RII**: $r_1 \geq 0,2$ $r_2 \geq 0,05$

Класс освещенности **RIII**: $r_1 \geq 0,12$ $r_2 \geq 0,03$

2.4. Защита от ослепляющего воздействия

2.4.1. Железнодорожные территории и технологии подразделяются на две категории:

Категория VI (Устранение ослепляющего действия)

К этой категории относятся железнодорожные территории, на которые свет от установок промышленного освещения не должен попадать непосредственно в глаза рабочих в главном направлении трудовой деятельности.

Ослепляющее действие исключается выбором направления светового потока таким образом, чтобы оно совпадало с направлением взгляда наблюдателя.

Например, сторона железнодорожного вагона, стоящего на вагонном замедлителе, должна освещаться со стороны обслуживающего персонала (см. рис. 3).

Категория VII (Ограничение ослепляющего действия). К этой категории относятся железнодорожные территории, на которых должны быть введены ограничения по величине вектора силы света от установок промышленного освещения, излучаемого под определенным углом.

К этой категории относятся железнодорожные территории, не подпадающие под категорию **VI**.

Ослепляющее действие должно быть ограничено по правилам и формулам п.2.4.2.

2.4.2. Ограничения должны быть проведены следующим образом:

2.4.2.1. Для осветительных установок с прожекторами.

В случае освещения с использованием прожекторов для защиты от ослепляющего действия необходимо чтобы угол между горизонталью и максимальной силой света прожектора (защитный угол) составлял $\theta_1 \geq 25^\circ$. При этом для половины значения максимальной силы света прожектора необходимо соблюдать $\theta_2 \geq 20^\circ$ (рис. 4).

2.4.2.2. Для осветительных установок всех других видов:

а) По вектору силы света **I₈₀**

Степень ограничения ослепляющего воздействия должна определяться вектором силы света **I₈₀**. Вектор **I₈₀** представляет собой величину вектора силы света светильника, направленного под углом $\gamma = 80^\circ$ к вертикали. Этот вектор не должен превышать величины в кд (канделла), определяемой по формуле

$$I_{80} = \leq \sigma (H - 1,5)^2$$

где **I₈₀** - вектор силы света светильника под углом $\gamma = 80^\circ$ к вертикали, кд;

σ - постоянная показателя ослепленности, кд • м²

H - высота световой точки, м.

Величина σ определяется дорогами-участницами в пределах

$$\sigma = 50 \div 100 \text{ кд} \cdot \text{м}^2$$

Топография вектора **I80** представлена на рис. 5

Вектор **I80** при разном распределении силы света представлен на рис. 6.

Пример расчета показан на рис. 7.

б) По показателю ослепленности **Z**

Показатель ослепленности не должен превышать **800**. Для расчета показателя ослепленности применяют следующее уравнение:

$$Z = \left[\left(1 + 0,45 \frac{Eviz}{\beta \cdot Lf} \right)^{0,5} - 1 \right] \cdot 1000 \quad (1)$$

где **Eviz** - освещенность на зрачке, создаваемая блеским источником, лк;

β - угол действия блеского источника, т.е. угол между горизонталью и направлением силы света к глазу наблюдателя, град;

Lf - яркость фона, кд/м².

Показатель ослепленности определяют в точке, где **Eviz** будет максимальной, на расстоянии **x** от осветительной мачты до наблюдателя. Это, как правило, соответствует попаданию в глаза наблюдателя максимальной силы света.

Для каждого конкретного варианта освещения рассчитывают β , **Eviz**, **Lf**.
Угол действия блеского источника (рис. 8)

$$\beta = 90^\circ - \alpha. \quad (2)$$

где α . - угол между вертикалью и направлением максимальной силы света.

Зная максимальную силу света **I** осветительного прибора, рассчитывают освещенность на зрачке

$$Eviz = I \cdot \sin^3 \alpha / l^2 \quad (3)$$

В тех случаях, когда в осветительной точке находятся **N** осветительных приборов, действующих в данном направлении, сила света **I** в уравнении (3) является суммой сил света этих приборов.

Расстояние

$$l = h^1 \cdot \text{tg } \alpha \quad (4)$$

где h^1 - высота установки светильника над уровнем глаз работающего, м.

Высоту расположения глаз работающего над поверхностью земли **h** принимают равной 1,5 - 3,5 м.

Яркость фона

$$Lf = \bar{E} \cdot \rho / \pi$$

где \bar{E} - нормированная освещенность на освещаемой поверхности,

ρ - коэффициент отражения освещаемой поверхности.

Определенный по уравнению (1) показатель ослепленности Z сопоставляют с допустимым значением $Z_{доп} = 800$. Если $Z > Z_{доп}$, то рассматриваемое размещение осветительных приборов отвергается. Окончательно принимают вариант осветительной установки, для которой показатель ослепленности не превышает допустимого значения.

в) По минимально допустимой высоте установки осветительных приборов.

Минимально допустимую высоту $H_{мин}$ над освещаемой поверхностью рассчитывают по следующему уравнению:

$$H_{мин} = \frac{2,5 \cdot \cos \alpha}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{I \cdot \sin \alpha}{E}} + h,$$

где h - высота глаза наблюдателя от освещенной поверхности в м.

Фактическая высота установки осветительных приборов над освещаемой поверхностью должна быть больше $H_{мин}$.

При подсчетах ограничения ослепляющего действия можно использовать рекомендации СИМ ТС 5.04 и указанную там методику расчёта индекса ослепления.

2.5. Затеняющий эффект

2.5.1. Железнодорожные территории и технологии подразделяются на две категории по затеняющему эффекту

Категория С I

К данной категории относятся зоны, на которых не допускается попадание тени от вагона. Тень устраняется выбором направления светового потока.

Сюда относится, например, зона между вагонным замедлителем и пунктом управления вагонным замедлителем.

Категория С II

К данной категории относятся зоны, в которых образование тени должно быть ограничено.

2.5.2. Методы ограничения и устранения мешающего влияния тени от железнодорожного подвижного состава.

Для ограничения затенения (категория С II) производят:

а) расчет расстояния между двумя световыми точками

$$a = \mu \cdot H \text{ [м]}$$

где a - расстояние между ближайшими осветительными точками по перпендикуляру к направлению пути, м (см. рис. 10)

H - высота световой точки, м

$\mu \leq 2$ - постоянная затеняющего эффекта.

б) Определение коэффициентов затенения δt ; δp ; δtr

Основным методом ограничения мешающего теневого влияния ж.д. подвижного состава является использование децентрализованного освещения железнодорожных станций с определенной высотой установки осветительных приборов, зависящей от числа путей, заключенных между двумя продольными рядами осветительных приборов, ширины междупутий, ширины колеи и габаритов подвижного состава.

Направленность освещения для осветительных установок железнодорожных станций характеризуется коэффициентом δm затенения междупутий.

Для одного междупутья (рис. 9)

$$\delta m = x \cdot (x_0 - xk)$$

где $x = x_1 + x_1^1$ - ширина затененной части междупутья;

x_0 - расстояние между осями соседних путей;

xk - ширина колеи.

Для парков станций

$$\delta_p = \frac{St}{Sm}$$

где St - суммарная затененная площадь междупутий парка;

Sm - общая суммарная площадь междупутий.

Значение δm снижается с увеличением высоты мачт H и уменьшением числа путей между осветительными приборами. Наименьшее значение δm имеет место при подвеске светильников над каждым междупутьем на гибких тросах ($\delta m = 0,21 \div 0,28$).

При работах на путях надвига составов на горках очень важно обеспечить нормируемую освещенность объектов различия, расположенных на вертикальной плоскости в межвагонном пространстве. Самая неудобная геометрия межвагонного пространства у крытых вагонов. Характеристика затенения оценивается в этом случае коэффициентом затенения межвагонного пространства δmp . Его определяют (рис. 10) из отношения:

$$\delta mp = ht/hvag$$

где $ht = \frac{Y \cdot hv - y \cdot H}{Y - y}$ - наименьшая высота теневой фигуры в межвагонном пространстве;

h_v - высота вагона.

За допустимое значение можно принять $\delta mp = 0,23$. В этом случае точка середины соединенных сцепок, расположенных на расстоянии около одного метра от земли, находится вне тени. Лучшие зрительные условия для работы по расцепке вагонов обеспечит осветительная установка, выполненная из светильников с

трубчатыми источниками света, вытянутыми в непрерывную линию, параллельно пути надвига.

2.6. Направление светового потока

2.6.1. Направление светового потока определяется необходимостью достижения следующих целей:

- полное устранение затененности;
- полное устранение ослепляющего действия;
- создание вертикального освещения.

2.6.2. Исходя из вышеуказанных целей, направление светового потока указывается только в нижеследующих вариантах:

Вариант РІ: при полном устранении затененности на железнодорожных территориях, относящихся к категории СІ.

Вариант РІІ: при полном устранении ослепляющего действия на железнодорожных территориях, относящихся к категории ВІ.

Вариант РІІІ: для создания вертикальной освещенности (E_{v+} ; $E_{v=}$)

2.7. Категории светотехнических показателей

2.7.1. Требуемые категории светотехнических показателей представлены в таблице 1

Табл. 1

Эксплуатационная группа	Наименование группы	Тип категории				
		1	2	3	4	5
1. Для мест обслуживания пассажиров	Пешеходные тоннели	ЕГ I	ГІ	ВІІ	СІІ	-
	Крытые платформы	ЕГ I	ГІ	ВІІ		-
	Открытые платформы	Ев III	ГІІ	ВІІ		-
	Наружные переходы через пути	Ев III	ГІІ	ВІІ		-
	Пешеходные мосты	Ев III	ГІІ	ВІІ		-
2. Территория для технологических работ	Участок расцепки	Ев= I	ГІ	ВІ	СІ	Р I, II, III
	Замена вагонных замедлителей	Ев= I	ГІ	ВІ	СІ	Р I, II, III
	Маневровая зона	ЕГ III	ГІІ	ВІІ	СІІ	-

	Остальные участки сортировочных станций	Е _Г IV	Г III	В II	С II	-
	Ремонтные участки. Участки для осмотра подвижного состава Проходные и соединительные дорожки	Е _В = I Е _Г III Е _Г IV	Г I Г II Г III	В I В II В II	С I С II	Р I, II, III
3. Территории для погрузки, выгрузки и пр.	Закрытые грузовые платформы и рампы Открытые территории Складские площадки	Е _В = I Е _Г II Е _Г IV	Г I Г II Г III	В I В II В II	- С II	Р II . -
4. Территории пограничных станций и таможенных терминалов	Закрытые грузовые платформы и рампы Открытые территории Смотровые площадки, терминалы	Е _В = I Е _Г II Е _Г IV	Г I Г II Г III	В I В II В II	- С II	Р II . -
5. Для остальных территорий на железной дороге	Переезды Территория экипировки Очистка подвижного состава Другие рабочие участки. Вагонные весы Поворотные круги, транспортные тележки Устройства для заправки песком и топливом	Е _Г III Е _В = II Е _В = II Е _Г III Е _В = II Е _Г III Е _Г II	Г II Г I Г II Г II Г I Г II Г II	В II В. II В II В II В I В II В II	С II С I С I С II С I - -	- Р I Р. I - Р I, II, III - -

2.7.2. При необходимости значения категорий могут быть изменены.

2.7.3. Учитывая положительный опыт ряда железных дорог неохранные проезды, вне городской черты, рекомендуется не освещать.

3. Технические (осветительные) средства для освещения на железных дорогах.

3.1. Осветительные средства, осветительные единицы и единицы площади освещения

3.1.1. К осветительным средствам относятся:

- источники света;
- светильники;
- осветительные опоры, несущие конструкции;
- комплектующие устройства.

3.1.2. Комплект осветительных устройств, состоящий из одной опоры светильников, источников света и комплектующих устройств, образует «осветительную единицу». Осветительные единицы характеризуют систему освещения и способ освещения данной территории (см. рис. 11 и 12).

3.1.3. Из целой осветительной установки может быть выбрана осветительная единица, характерная для всей установки. Железнодорожная территория, освещаемая этой осветительной единицей называется площадью освещения осветительной единицы (Рис. 12).

Согласно рис.12 ширина площади освещения ж.д. осветительной единицы измеряется перпендикулярно к рельсам и обозначается "а". Ее длина измеряется параллельно рельсам и обозначается "b". С помощью площади освещения осветительной единицы рассчитываются технические и технико-экономические параметры: технико-экономические исследования проводятся для данной площади.

Светотехнические расчеты (между двумя осветительными единицами) проводятся для т.н. расчетной единой площади (рис. 12).

Ширина площади освещения ж.д. осветительной единицы, освещаемой с высоты световой точки **H** на опоре ограничивается эффектом затенения (по п. 2.5.2).

Максимальная длина площади освещения ж.д. осветительной единицы для II категории ограничения ослепляющего действия:

$$b_{\max} = H \cdot \operatorname{tg} 80^{\circ}$$

При расположении опор между путями площадь освещения ж.д. осветительной единицы составит:

$$A_{\max} = a_{\max} b_{\max} [\text{m}^2]$$

3.1.4. По национальным стандартам могут быть определены другие расчетные площади освещения.

3.2. Источники света

3.2.1. Рекомендуются виды источников света и их мощности согласно табл. 2:

Табл. 2

Вид источника света	Мощность, Вт		
	малые	средние	большие
Ртутные разрядные лампы	125	250-700	1000-2000
Металло-галогенные разрядные лампы	100-150	250-700	1000-3500
Натриевые разрядные лампы высокого давления	35-125 40-120	150-400 -	400-1000 -
Люминесцентные трубки	-	-	1000-10000
Галогенные лампы накаливания			
Натриевые разрядные лампы низкого давления	35-125	150-400	400-1000
Светодиодные светильники	24-140	150-400	-

3.2.2. Светильники должны отвечать видам и мощностям источников света, для которых они конструированы. Необходимо применять экономичные светильники с высоким показателем освещённости при низком энергопотреблении.

3.2.3. Светильники по своей конструкции разделяются следующим образом:

а) подвесные симметричные, оснащенные приспособлениями, позволяющими опускать светильники при помощи лебедки и жесткие симметричные светильники;

б) подвесные (с возможностью спуска) или жесткие несимметричные, оснащенные одним или более источниками света;

в) жесткие люминесцентные для платформ или полукрытых территорий;

г) прожекторы средних мощностей для средних опор;

д) прожекторы больших мощностей для централизованного освещения с высоких мачт;

с) специальные светильники, кососветы средних мощностей и пр.

Кроме основных величин светотехнических показателей, отвечающих требованиям обязательных технических норм по обеспечению устойчивой работы светильники должны обеспечивать:

1. Стойкость к агрессивной среде (если необходимо по условиям эксплуатации);
2. Вибростойкость;
3. Влагостойкость.

3.2.4. Для общего освещения не могут применяться лампы накаливания общего пользования.

3.3. Осветительные опоры

Типы (виды) опор и высоты установки осветительных приборов приведены в таблице 3.

Табл. 3

Виды опор	Высота светильника в м		
	низкая до 10 м	средняя 10-20 м	большая свыше 20 м
Железобетонные	+	+	-
Стальные трубчатые	+	+	+
Стальные решетчатые	+	+	+
Опоры контактной сети	+	+	-
Жесткие поперечины	-	+	+
Деревянные опоры	+	-	-

4. Проектирование освещения на железных дорогах

4.1. Основные принципы проектирования освещения, критерии выбора осветительной системы

4.1.1. Требуется, чтобы проектирование освещения проводили железнодорожные проектирующие организации в сотрудничестве с исследовательскими институтами, занимающимися этими вопросами. При расчётах освещённости применять программы для компьютерного моделирования.

4.1.2. Должна быть обеспечена возможность управления отдельными секциями (частями) освещения территории. Рекомендуется обеспечить отдельное управление мощными световыми приборами.

4.1.3. Целесообразно предусмотреть возможность централизованного освещения всей территории железнодорожной станции.

4.1.4. На больших железнодорожных станциях целесообразно предусмотреть дополнительное энергетическое снабжение.

4.1.5. Основными критериями для выбора осветительной системы являются:

- эксплуатационно-технологические процессы на территории транспортного объекта;
- аспекты строительства;
- условия видимости, связанные со слежением за ходом производственных процессов;
- вопросы подачи энергии и ее распределения по отдельным территориальным зонам транспортного объекта;
- предпосылки применения конструктивных элементов оптимальных с точки зрения энергетического хозяйства;
- возможность оптимальной эксплуатации осветительной установки;
- техника безопасности персонала при обслуживании и эксплуатации осветительной установки;
- возможность оптимального технического содержания, включая аварийно-восстановительный ремонт;

- достигнутый уровень освещения на основе анализа светотехнических расчетов;
- удельная электрическая мощность;
- удельные капитальные и эксплуатационные затраты (см. п.6);
- расчетные сравнительные расходы согласно национальным предписаниям железных дорог.

4.1.6. Целью проектирования является обеспечение требуемых уровней и качества освещения при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

4.2. Типы общего освещения

Типы общего освещения определяются применяемыми видами осветительных единиц. Существуют следующие типы освещения:

- а) децентрализованное (индивидуальное);
- б) централизованное (заливающего света);
- в) смешанное.

4.3. Децентрализованное освещение

4.3.1. Применяются опоры малой, средней высоты, жесткие поперечины и светильники с источником света в соответствии с табл. 2, 3.

4.3.2. Указанный тип применяют для освещения железнодорожных территорий (перронов, малых и средних станций, крупных сортировочных парков и др.) по действующим национальным предписаниям.

4.4. Централизованное освещение

4.4.1. При централизованном освещении источники света концентрируются в немногих местах и располагаются на мачтах на высоте ≥ 15 м.

4.4.2. В установках централизованного освещения следует применять натриевые лампы высокого и низкого давления с колбами из прозрачного стекла и металлогалогенные лампы мощностью 2000Вт, если высота осветительных опор 20м и более.

Натриевые лампы высокого и низкого давления характеризуются данными, приведенными в табл. 4.

Табл. 4

Источник света	Номинальная мощность, Вт
Натриевая лампа высокого и низкого давления с колбой из прозрачного стекла	150
	250
	400
	1000

4.4.3. Для централизованного освещения применяются прожекторы с параболическим рефлектором, характеризующиеся глубоким излучением с призматическим преломлением света, а также рефлекторы с широким излучением.

Рефлекторы с глубоким излучением применяются для освещения отдаленных территорий, рефлекторы с глубоким излучением и призматическим преломлением света, а также рефлекторы с широким излучением применяются для освещения близлежащих территорий .

В прожекторах применяются лампы высокого давления мощностью от 150 Вт до 10000 Вт. Они, как правило, должны иметь одну степень защиты IP 54, горизонтальный и вертикальный диапазон отклонения. Путем перестановки патрона должна обеспечиваться возможность установки источников света различных размеров в световом центре рефлектора и их регулировки на концентрацию или рассеивание света. Коэффициент полезного действия светильника должен составлять, как правило , $\geq 0,60$.

4.4.4. Установки централизованного освещения помещаются преимущественно на стальных решетчатых опорах, состоящих из отдельных секций.

Высота опор над верхней гранью головки рельса составляет от 15 до 60 м.

Высота светового центра единичного источника света устанавливается в соответствии с действующими на каждой железной дороге стандартами.

Опоры оборудуются площадками, на которых могут устанавливаться прожекторы. На каждой стороне площадки их может быть один или два ряда и в каждом ряду не менее четырех прожекторов.

Установка прожекторов на возвышенностях позволяет осуществлять их горизонтальную и вертикальную регулировку. К площадкам обеспечивается доступ изнутри. Они должны быть удобны, как с точки зрения организации работы, так с точки зрения обеспечения техники безопасности.

4.4.5. Включение и выключение установок централизованного освещения может осуществляться с центрального поста, либо вручную, с помощью программного устройства, либо автоматически, с помощью порогового выключателя.

Необходимо предусмотреть:

- а) возможность резервирования основной функции осветительной установки при выходе из строя единичного источника света;
- б) резервирование электроснабжения прожекторных мачт.

4.4.6. Приведенный способ применяют главным образом в тех случаях, где необходимо обеспечить ограниченное количество опор в рельсовом парке.

4.5. Смешанное освещение

4.5.1. Смешанное освещение образуется комбинацией децентрализованного и централизованного способов освещения.

4.5.2. Указанный тип освещения применяется в соответствии с национальными предписаниями.

4.6. Рекомендуемые типы освещения

4.6.1. Рекомендуемые примеры типов освещения на отдельных видах железнодорожных территорий (остановках, малых, средних и крупных железнодорожных станциях, а также остальных территориях) приведены в таблице 5.

Табл. 5

Тип освещения	Вид железнодорожной территории			
	остановки и перроны	малые станции	средние станции	крупные станции
Децентрализованный	+	+	+	+
Централизованный	-	-	+	+
Смешанный	-	+	+	+

4.6.2. Прочие железнодорожные территории освещаются в зависимости от их назначения вышеприведенными способами освещения.

4.6.3. Для номинальной освещенности E_n и проектной освещенности E_m' действует следующее уравнение:

$$E_m' = \frac{1}{\lambda} \cdot E_n$$

λ - коэффициент уменьшения светового потока

Для нормального загрязнения светильников $\lambda = 0,7$ и для сильного загрязнения $\lambda = 0,6$. Необходимо ограничивать применение коэффициента "сильного" загрязнения (в постановке задач). Для величин освещенности, действуют допуски $\pm 10\%$.

4.7. Комбинированное освещение

4.7.1. Комбинированное освещение оборудуется на тех железнодорожных территориях, где необходимый уровень освещенности выше требований к уровню общего освещения. Это освещение включают только на время выполнения соответствующих важных работ. Осуществляется при помощи индивидуальных светильников, расположенных недалеко от рабочего места.

4.7.2. Требования к комбинированному освещению устанавливаются самостоятельно национальными предписаниями.

4.8. Охранное освещение

4.8.1. На тех железнодорожных территориях, где в течение продолжительного ночного времени могут не производиться работы, рекомендуется оборудовать охранное освещение.

4.8.2. Требования к охранному освещению устанавливаются национальными предписаниями.

5. Эксплуатация освещения на железных дорогах

5.1. Основные положения по эксплуатации освещения

5.1.1. Надежная и экономичная эксплуатация предполагает регулярное обслуживание и текущее содержание осветительных установок.

5.1.2. Установки освещения должны эксплуатироваться таким образом, чтобы расход электроэнергии ограничивался необходимым минимумом и при использовании ламп высокого давления в результате компенсации соблюдался $\cos \varphi \geq 0,95$.

Установки централизованного освещения должны использоваться только по необходимости и их текущее содержание должно обеспечивать высокую энергоэффективность и высокое качество видимости.

Текущее содержание осветительных установок включает все мероприятия по их обслуживанию, контролю и ремонту, обеспечивающие сохранение и восстановление работоспособности установок.

Текущее содержание должно проводиться при снижении освещенности до $E_w = 0,8 E_n$, предусмотренной внутренними правилами.

Для проведения работ по текущему содержанию осветительной установки определяется ее состояние и разрабатывается план работ. В план должны быть включены следующие работы: очистка ламп и прожекторов, замена ламп и оптических деталей прожекторов. Кроме того, предусматривается проведение профилактических плановых работ по текущему содержанию установок.

5.1.3. Приемку осветительной установки нужно осуществлять перед вводом ее в эксплуатацию. Измерениями светотехнических параметров необходимо установить, соответствует ли освещение установленным критериям качества.

Анализ результатов измерений необходимо проводить на основании протоколов приемки, в которых должно быть сравнение с материалами проектирования и расчета освещения.

При оценке осветительной установки в протоколе необходимо отметить:

- освещенность (номинальную величину и определяющие ее факторы, а также измеренные величины);
- равномерность освещенности на местности;
- данные по действию теней и направлению света;
- напряжение сети;
- часы эксплуатации ламп;
- часы эксплуатации установки;
- температуру окружающей среды ламп;
- высоту точек замера;
- площадь для определения среднего значения освещенности;
- применяемые измерительные приборы с указанием даты последней калибровки;
- данные относительно слепимости.

В том случае, если в момент измерений напряжение сети отклоняется от номинального напряжения, нужно осуществить перерасчет измеренной

освещенности относительно номинального напряжения сети. Для этой цели служит формула

$$E = \frac{E_i \cdot U_{ном}}{U_{ном} - \psi \cdot (U_{ном} - U_{mid})}$$

где: E_i - измеренная освещенность (лк)

$U_{ном}$ – номинальное напряжение (В)

U_{mid} - среднее напряжение, равное $U_1 + U_2 / 2$;

где: U_1 и U_2 - напряжения сети в начале и в конце измерений

Ψ = коэффициент, составляющий 2,5 для натриевых ламп высокого давления и 3 - для галогенных ламп с разрядом в парах металла.

5.2. Обязанности при эксплуатации осветительных установок

5.2.1. Обязанностью обслуживающего персонала является регулировка освещения. Включение и выключение освещения осуществляют в зависимости от разработанного для данной территории светового календаря, при помощи автоматической регулировки освещения или с использованием дистанционного управления осветительных установок.

По данным светового календаря необходимо изменять установку часового механизма для автоматической регулировки времени работы освещения.

5.2.2. Целесообразно разработать организационные мероприятия для частичного выключения светильников в зависимости от технологических потребностей на отдельных железнодорожных территориях.

5.2.3. Предусматривать замену малоэффективных источников света и световых приборов на более экономичные.

5.3. Принципы качественного содержания и ремонта осветительных установок

5.3.1. При эксплуатации устройств следует внедрять совершенные методы содержания и применять ступенчатый способ обслуживания и ремонта (текущий осмотр, текущий ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт и реконструкцию).

5.3.2. При решениях о реконструкции установок освещения необходимо руководствоваться показателями общей эффективности и установить оптимальное соотношение между объемом расходов на ремонт и расходами, связанными с их заменой на новые устройства.

6. Техно-экономические исследования для сравнения вариантов

6.1. Технические показатели устройств наружного освещения железных дорог

6.1.1. - удельная электрическая мощность: $w = \frac{W}{An} \left[\frac{W_t}{m^2} \right]$

6.1.2. - удельный световой поток $Q = \frac{\Phi}{A_n} \left[\frac{lm}{m^2} \right]$

6.1.3. - средняя световая отдача $f = \frac{Q}{w} = \frac{\Phi}{W} \left[\frac{lm}{Wt} \right]$

6.1.4. - коэффициент использования освещения $\eta_A = \frac{E}{Q} = \frac{E}{\Phi/A_n} \left[\frac{lx}{lm/m^2} \right]$

где A_N означает полезно освещенную территорию железной дороги

6.2. Техничко-экономические показатели устройств наружного освещения железных дорог

6.2.1. Техничко-экономические показатели служат для сравнения двух или нескольких вариантов. Они могут применяться для экономической оценки только одного варианта, если имеется соответствующий опыт и исходные или предписанные величины.

6.2.2. Основной технико-экономический показатель mG который можно использовать для сравнения или получения информации, состоит из доли капитальных затрат или стоимости установки и текущих эксплуатационных расходов. Капитальные затраты (K) состоят из расходов по проектированию, на материалы и расходов по монтажу установки.

K эксплуатационным расходам (J) принадлежат средние годовые расходы по содержанию, средние годовые расходы по замену ламп, светильников освещения, а также годовые расходы на электроэнергию.

6.2.3. Зависимости этих расходов, которые для лучшей сравнимости отнесены к 1 м^2 поверхности и показателя mG следующие:

6.2.4. - технико-экономический показатель капитального вложения:

$$m_k = \frac{K}{A_N} \left[\frac{D}{m^2} \right] \text{ где: } D - \text{ валюта}$$

6.2.5. - технико-экономический показатель годовых эксплуатационных расходов

$$m_j = \frac{J}{A_N} \left[\frac{D/\text{год}}{m^2} \right]$$

6.2.6. – технико- экономический основной показатель расходов за год:

$$m_G = k \cdot m_K + m_J = \frac{G}{A_N} \left[\frac{D/\text{год}}{m^2} \right]$$

где k – коэффициент амортизации 1/год

6.2.7. Годовые комплексные расходы на капитальные вложения и эксплуатацию рассчитываются следующим образом :

$$G = k \cdot K + J \text{ [D/год]}$$

6.2.8. Основной технико-экономический показатель m_G является решающим при сравнении вариантов.

Определение показателей приведено в табл. 6.

Полезно освещенная территория железной дороги (AN) – это освещенная ж.д. территория, где обеспечены необходимые уровни

- освещенности,
- равномерности,
- действия теней,
- защиты от ослепленности.

6.3. Методы технико-экономических исследований

Табл.6

Название установки			
№№ п/п	Данные, формулы (целые числа означают порядковый номер)	Вариант 1	Вариант 2
		Расходы на единицу	Расходы на единицу
1	2	3	4
1.	Лампы	D	D
2.	Светильники с оснащением	D	D
3.	Держащие- крепежные конструкции	D	D
4.	Переходная кабельная коробка	D	D
5.	Провода к (3)	D	D
6.	Подвод кабеля	D	D
7.	Установка электроснабжения	D	D
7а.	Затраты на утилизацию	D	D
8.	Капитальные затраты (K)	D	D
	(8) = (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(7а)		
9.	Часы эксплуатации в год	ч/год	ч/год
10.	Срок службы ламп	ч	ч
11.	Затраты на лампы в год	D/год	D/год
12.	(11)=(1)·(9)/(10)	кВт	кВт
13.	Общая мощность наружного	D/кВт.г.	D/кВт.г.
14.	освещения	D/год	D/год
	Стоимость энергии (единая цена)		
	Годовая стоимость энергии		

	(14)= (9) (12) (13)		
15.	Расходы на содержание в год	D/год	D/год
16.	Годовые эксплуатационные расходы (J) (16) = (11)+(14)+(15)	D/год	D/год
17.	Годовые затраты, связанные с амортизацией (17) = k (8)	D/год	D/год
18.	Комплексные годовые капитальные затраты и эксплуатационные расходы $G = J+k K$ (18) = (16) + (17)	D/год	D/год
19.	Освещенная поверхность (AN)	m ²	m ²
20.	Основной технико- экономический показатель годовых затрат $mG = G/ AN$ (20)=(18)/(19)	D/год/ m ²	\$/год/ m ²
21	Минимальное значение mG определяет более экономичный вариант		

Заключение

На отдельных железных дорогах могут применяться и другие нормированные показатели, технические средства, методы эксплуатации и содержания, не приведенные в настоящих рекомендациях, если эти средства приносят технический и экономический эффект при решении рассматриваемой проблемы.

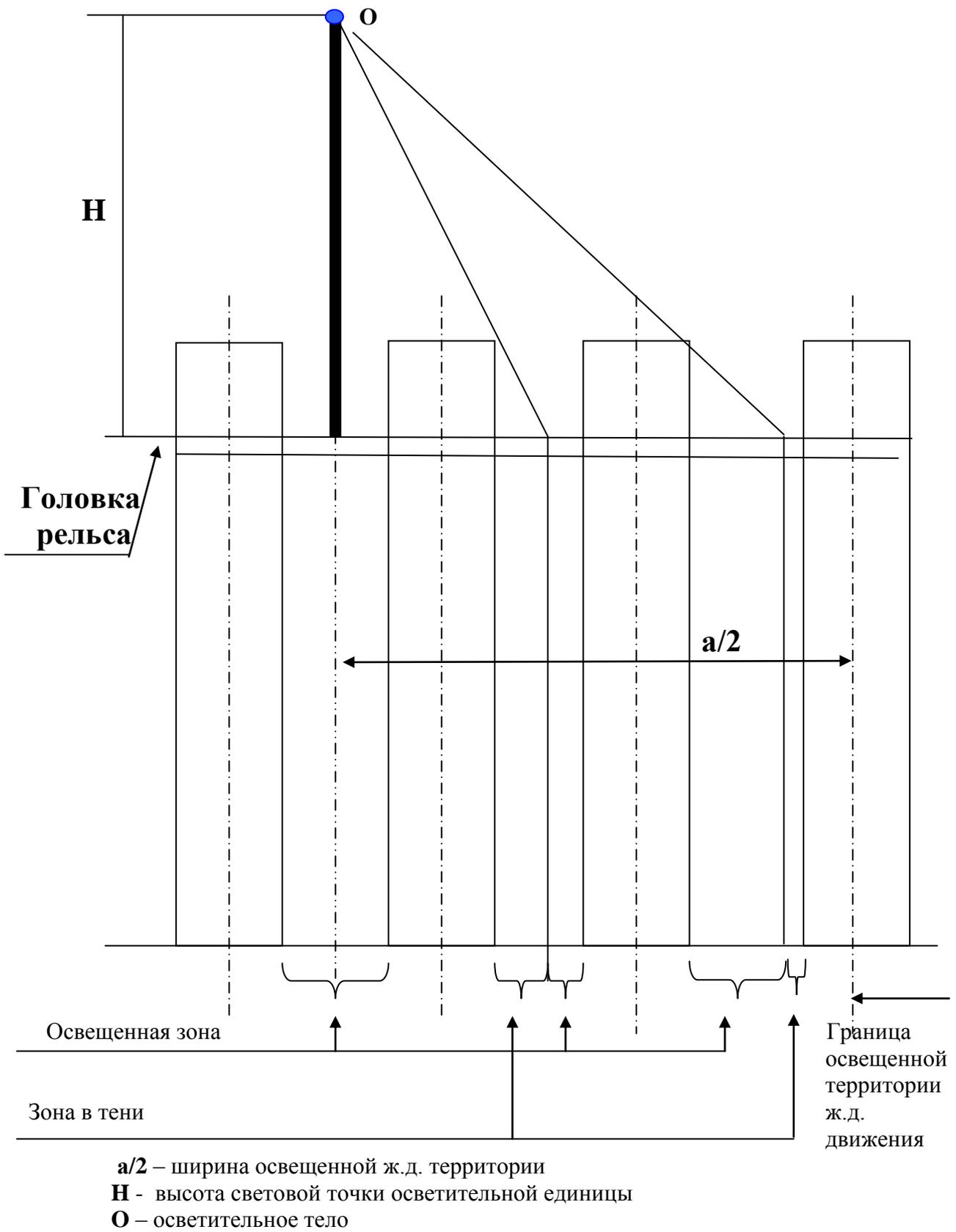
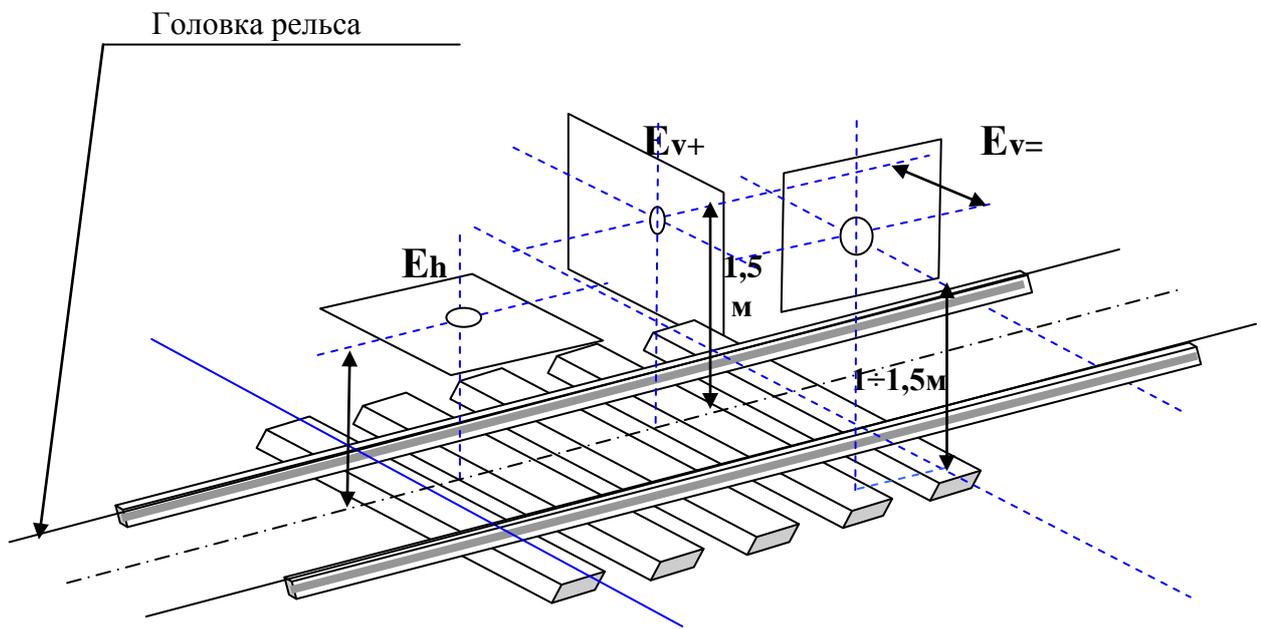


Рис. 1



Измерение освещенности на нормируемой освещенной поверхности

Рис. 2

Устранение ослепляющего действия:

Освещение направлено таким образом, что наблюдаемый объект должен быть освещен со стороны взгляда наблюдателя !

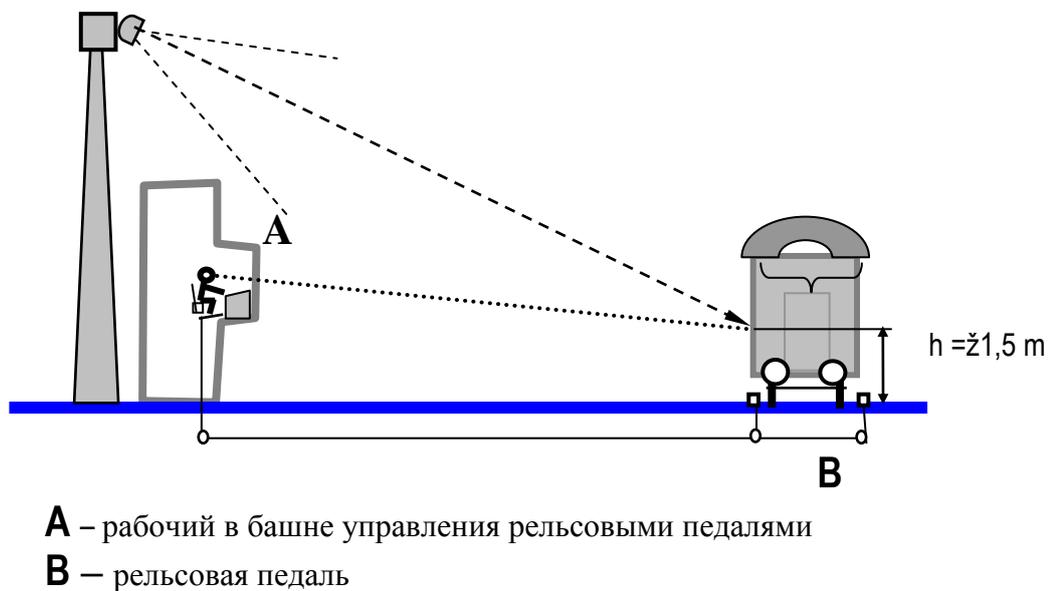


Рис. 3

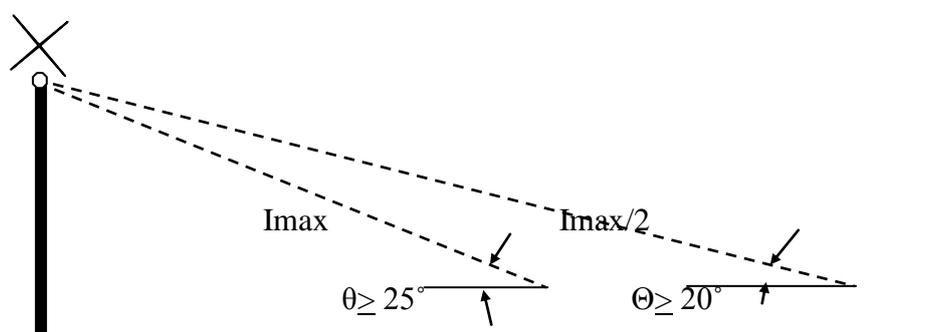


Рис 4

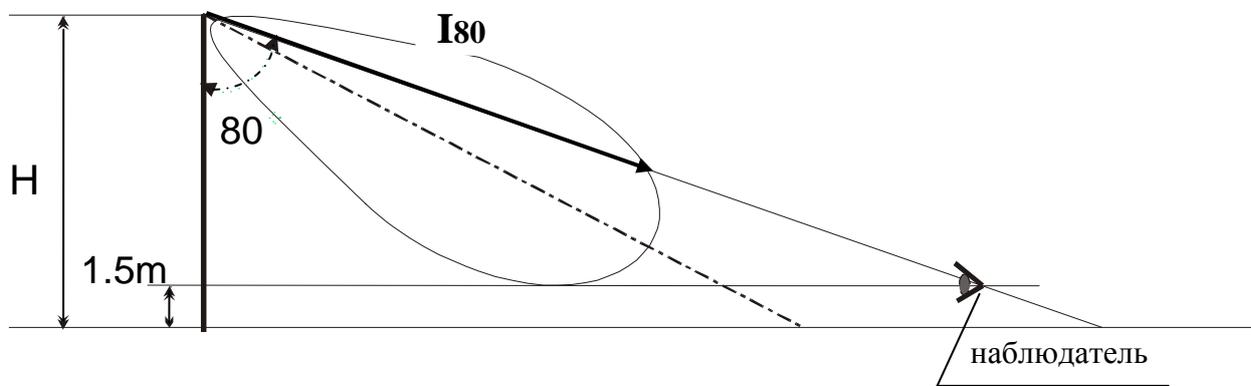


Рис. 5

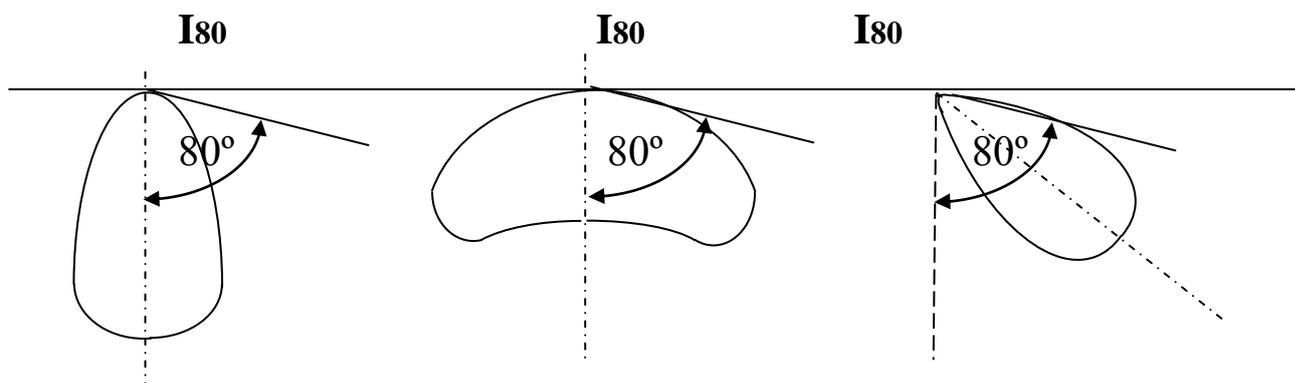


Рис. 6

Формула по ограничению ослепляющего воздействия :

$$I_{80} \leq \sigma (H - 1,5)^2$$

где

$\sigma = 50 \div 100$ кд \cdot м² - постоянная показателя ослепленности, кд \cdot м²

H - высота световой точки, м.

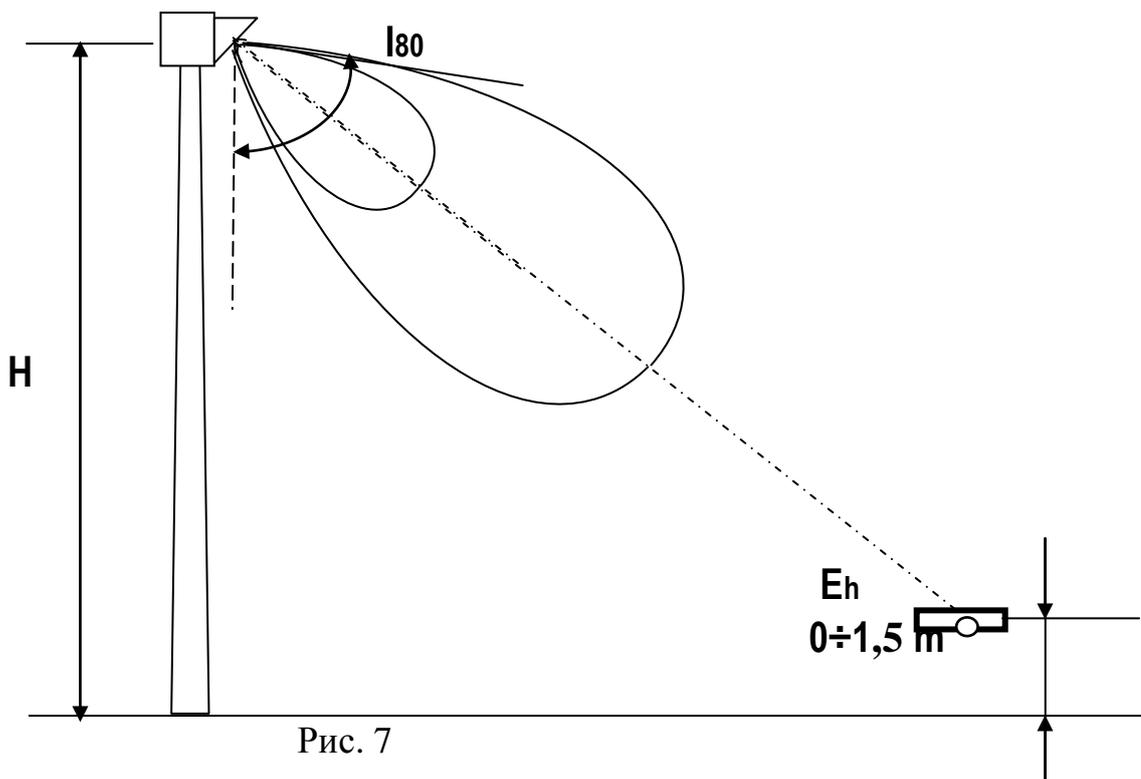


Рис. 7

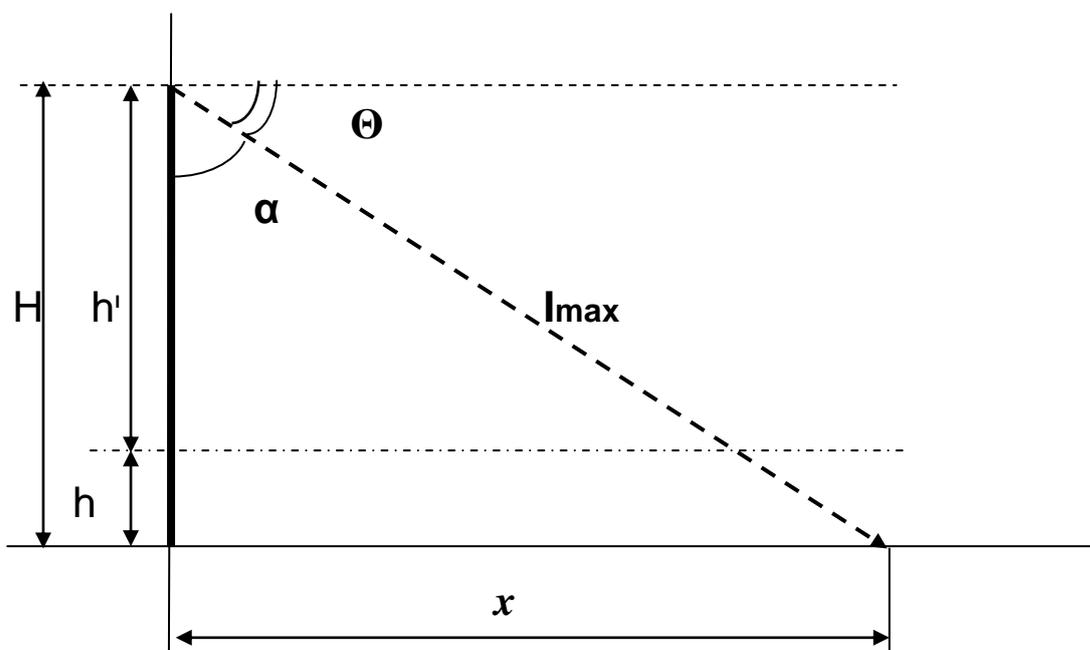


Рис. 8

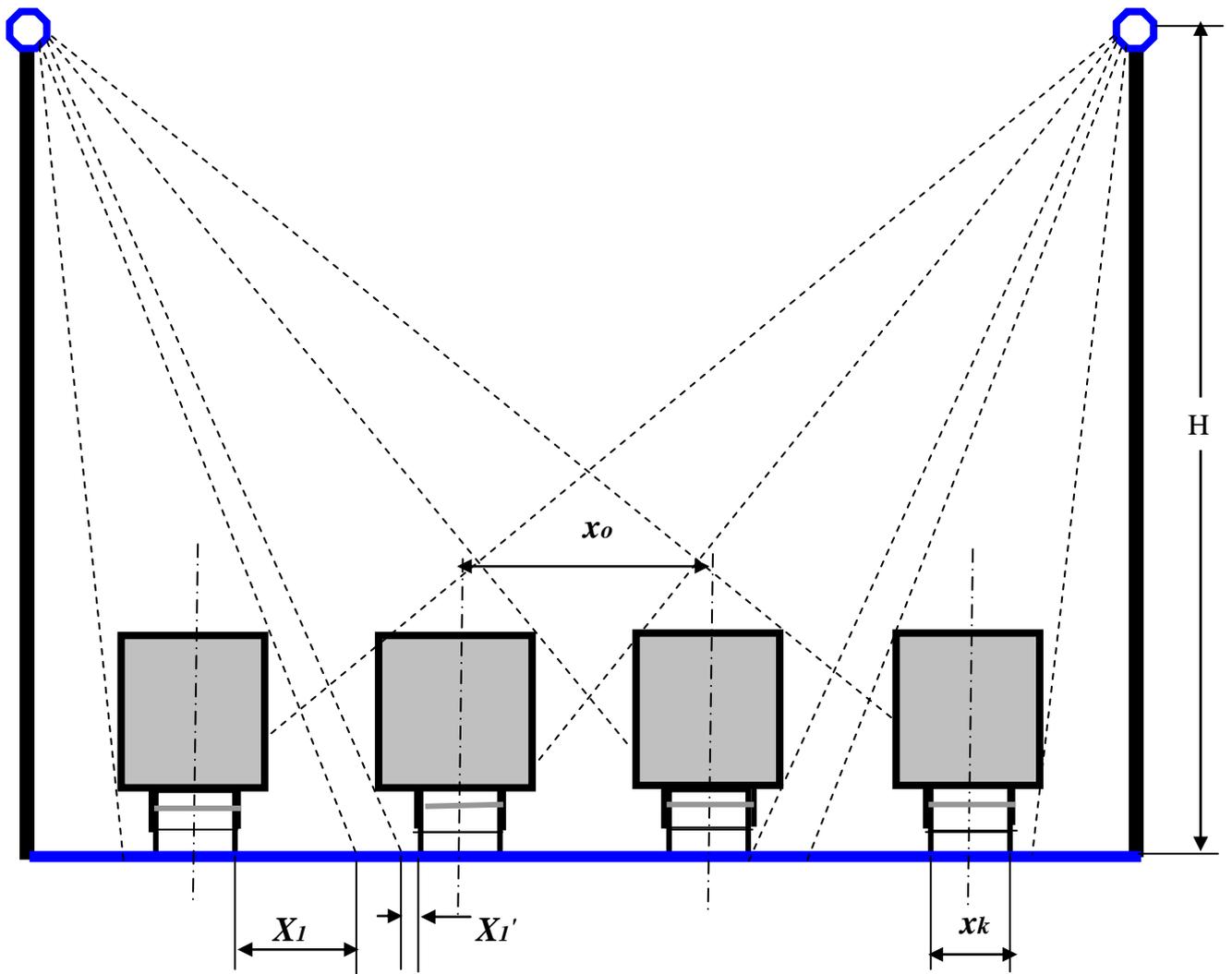


Рис. 9

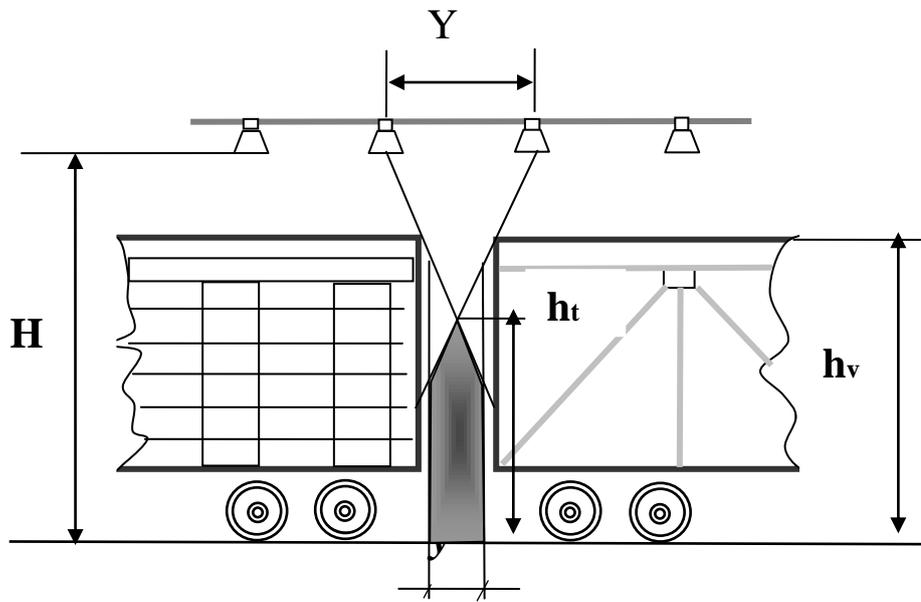


Рис. 10

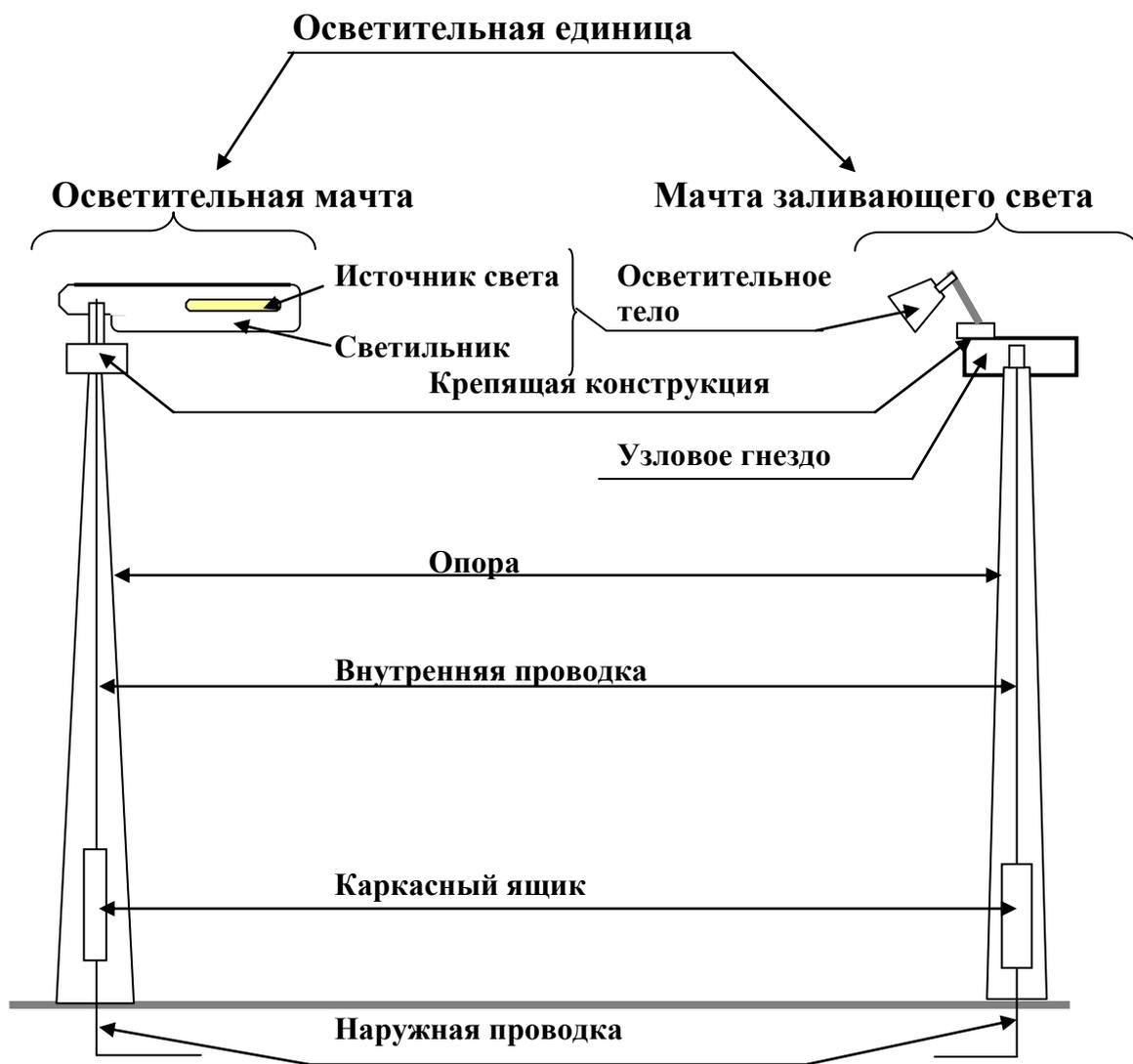


Рис. 11

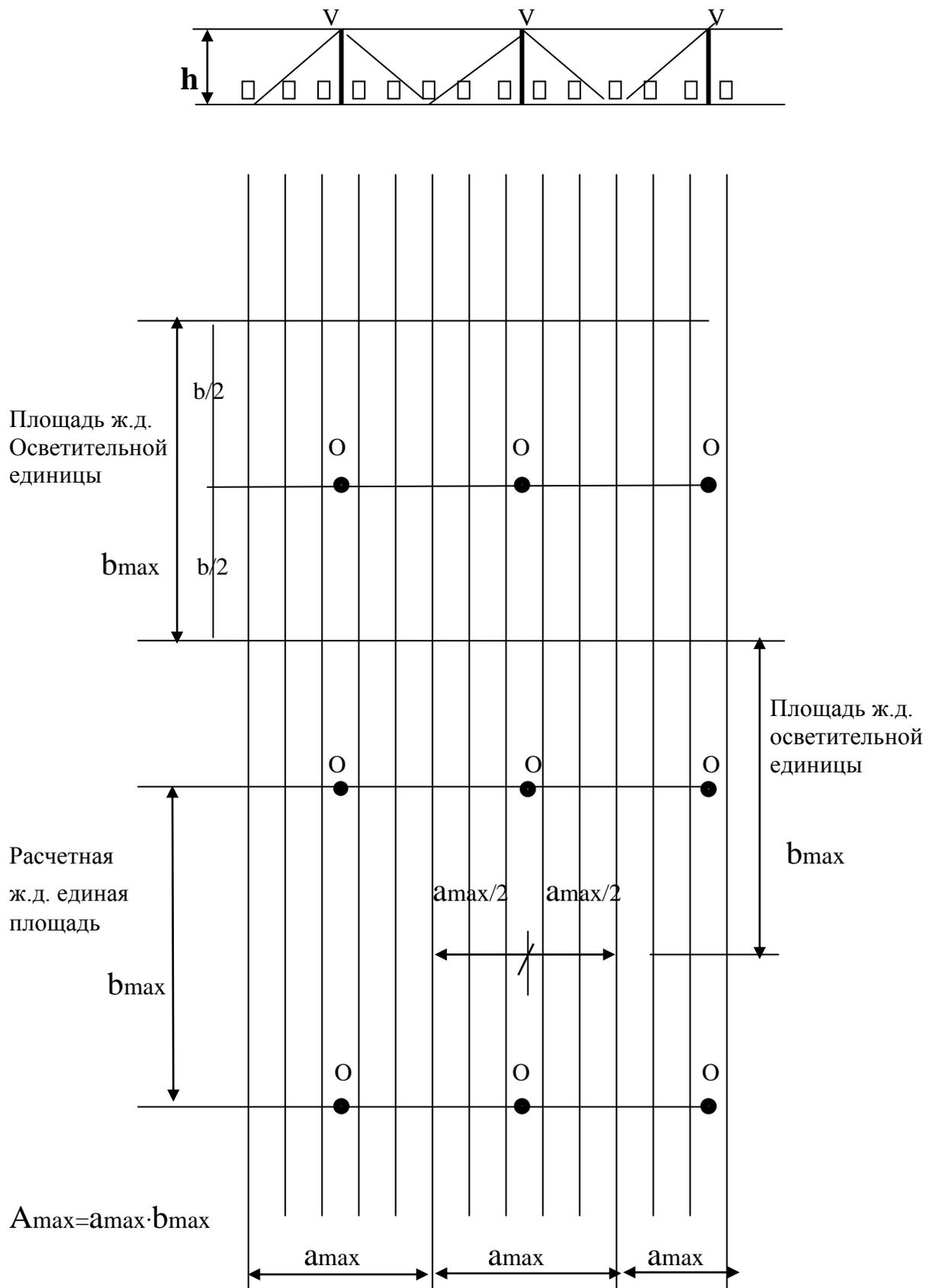


Рис. 12