

Министерство образования Российской Федерации

Владимирский государственный университет

Кафедра «Электротехника и электроэнергетика»

**Расчёт и проектирование внутреннего
и наружного освещения
промышленных предприятий**

Владимир 2005

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проектирование осветительных установок (ОУ), являясь творческим процессом, подчиняется общим положениям, принятым в СНиП-23-05-95, ВСН-59-88, СН-541-82. В общем случае различают следующие стадии проектирования:

- технико-экономическое обоснование (ТЭО);
- технический проект (ТП);
- рабочие чертежи (РЧ);
- техно-рабочий проект (ТРП).

Если проект освещения выполняется отдельно вне комплекса всей проектной документации, то, как правило, он должен содержать одну стадию – ТРП. В остальных случаях рекомендуется выполнять два этапа проектирования ТЭО и ТРП и только в очень сложных случаях – все четыре.

На этапе ТЭО в краткой пояснительной записке излагают основные положения, определяют общую мощность и приводят сметно-финансовый расчет.

Задача ТП – принятие основных решений и определение окончательной стоимости установки. В состав ТП входят:

- пояснительная записка;
- ведомость основных технических показателей;
- заявочная ведомость электрооборудования, кабельные изделия и основные материалы;
- план – схема внутренней питающей сети и план внешней сети;
- основные строительные задания, смета.

В ведомости основных технических показателей указывается площадь помещения, преимущественная освещенность, преимущественный тип светильников, удельная и установленная мощность, число светильников общего и местного освещения, число контактных разъемных соединений, преимущественный род проводки.

Заявочные ведомости составляются укрупнено по общим характеристикам изделий. Например, светильники для взрывоопасных помещений, провода изолированные сечением от – до. Смета составляется в полном объеме.

Однако для выполнения полноценного проекта освещения, надо знать о проектируемом объекте буквально все:

- детальную планировку здания по всем отметкам, включая разного рода площадки, подвалы, высоты помещений, особенности строительных конструкций, расположение технологического оборудования, вентиляции, водопровода, канализации и отопления, условия среды в помещениях, число рабочих и т.д.

Проектирование можно разделить на три части: светотехническую, электротехническую и составление схем и спецификаций.

Однако для конкретного помещения все вопросы решаются комплексно, так, выбирая светильники и, размещая их, необходимо учитывать условие трассировки групповых сетей. В сетевой части начальным и ключевым является вопрос о размещении групповых щитков, затем komponуются и наносятся на план все виды сетей и производится расчет их сечений.

2. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Задачей светотехнического расчета осветительных установок (ОУ) в зависимости от назначения и нормативных требований к ним является определение значения освещенности в характерных точках на горизонтально, вертикально или наклонно расположенных поверхностях (E_{Γ} , $E_{\text{В}}$, $E_{\text{НК}}$), среднего значения освещенности $E_{\text{ср}}$ или яркости L , а также контроль обеспечения качественных характеристик ОУ – цилиндрической освещенности $E_{\text{ц}}$, коэффициента пульсации $K_{\text{ц}}$, показателя ослепленности P или показателя дискомфорта M . При необходимости указанные величины определяются с учетом многократных отражений света.

Целевая задача светотехнического расчета – такой выбор и размещение световых приборов (СП), при которых достижение нормируемых количественных и качественных параметров было бы обеспечено при минимальных затратах на сооружение и эксплуатацию установок.

Расчетам должен предшествовать этап, заканчивающийся выбором способа расчета. Решающим фактором может оказаться либо оценка возможности получения информации о показателях сравниваемых вариантов

светотехнических решений при наименьших трудозатратах либо, когда в сравнении нет необходимости и когда способ расчета не гарантирует повышения точности, выбор определяется доступностью способа, его простотой и навыками расчетчика.

На подготовительном этапе расчета необходимо:

- 1) установить нормируемые количественные и качественные параметры E , $K_{\text{п}}$, P и M для рассчитываемой установки;
- 2) провести анализ габаритно-планировочных параметров объектов расчета с выявлением расположения рабочих поверхностей и точек пространства, для которых соответственно приняты нормативы;
- 3) выявить объекты, могущие оказывать затеняющее действие на освещаемые поверхности;
- 4) проанализировать оптические характеристики ограждающих поверхностей;
- 5) выявить направленно отражающие поверхности для соблюдения мер ограничения отраженной блескости;
- 6) установить временной режим электрического освещения как фактор, влияющий на выбор источника света;
- 7) определить требования к спектральным характеристикам источников света;
- 8) оценить действия многократных отражений:
 - а) определить коэффициенты отражения отражающих поверхностей с приближенной оценкой их роли в перераспределении светового потока ОП;
 - б) выявить отражающие характеристики локально расположенных у рабочих мест поверхностей и оценить их возможную роль в полезном перераспределении светового потока ОП местного и канализованного освещения;
 - в) оценить влияние оконных проемов или других мало отражающих свет поверхностей на перераспределение светового потока ОП;
- 9) провести оценку потерь светового потока:
 - а) установить категоричность среды в зоне возможного размещения ОП и в пространстве полезного распределения светового потока;
 - б) определить допустимые для применения в данной установке ОП в соответствии с их классификационными характеристиками;

- в) определить расчетное значение коэффициента запаса;
- г) определить температуру окружающей среды вблизи возможного положения ОП для уточнения ожидаемого изменения номинальных параметров светового потока газоразрядных источников света;
- 10) Выбрать схему размещения осветительных приборов ОП и способ полного расчета:
 - а) оценить возможность подбора типовых решений и аналогов;
 - б) выбрать тип источников света;
 - в) при необходимости нетипового расположения ОП провести приближенную оценку необходимой мощности и числа ламп методом коэффициента использования (для общего освещения) или баланса прямых потоков (для локализованного освещения);
 - г) подобрать варианты для их последующего сравнения;
 - д) выбрать способ расчета и подобрать вспомогательные расчетные материалы.

2.1. Основные факторы влияющие на точность и качество расчетов.

А. Независимые от способа расчета:

1. отклонение светотехнических характеристик источников света от номинальных (допуск до $\pm 20\%$);
2. отклонение значений КПД осветительных приборов и их КСС от каталожных (паспортных) данных;
3. недостаточность в каталогах представления фотометрических характеристик осветительных приборов для правильной интерполяции значений сил света и зональных потоков;
4. приближенность (условность) данных об оптических характеристиках поверхностей, влияющих на результаты расчета;
5. неточность учета расположения расчетной поверхности (рабочих мест);
6. неточность геометрических и оптических характеристик затеняющих объектов;
7. колебание электрических параметров сети;

8. неточность данных о характеристиках поглощающей среды, через которую распространяется свет;

9. степень точности принимаемого для расчетов значения коэффициента запаса K_3 .

Б. Зависимые от способа расчета:

1. степень точности используемых методов интерполяции;

2. степень точности представления КСС ОП при их аппроксимации формулой;

3. размер шага в графиках, номограммах и таблицах, используемых в расчетах, и принятая точность при их представлении;

4. полнота учитываемых способом факторов;

5. учитываемая разрядность числовых значений;

6. минимизация неравномерности распределения освещенности в пределах зон константности их нормируемого значения;

7. степень точности определения угловых параметров, учитываемых в расчетах.

Все методы и способы светотехнических расчетов, основанные на лучевом представлении процесса распространения света, используют в своей основе векторное описание сил света излучателей.

Если размер светящей поверхности ОП не превышает 0,2 расстояния до освещаемой точки, то этот ОП может представляться точечным излучателем и характеризоваться КСС. Если один из линейных размеров ОП превышает указанное значение, то излучатель рассматривается как светящая линия, каждый элемент который описывается своими КСС в продольной и поперечной плоскостях. Когда размеры светящей поверхности соизмеримы с расстоянием до расчетной точки, эта поверхность характеризуется пространственным распределением излучения в каждой своей точке.

При расчете освещенности в точке поверхности, применяется точечный метод, при котором вычисляется суммарная освещенность, определяемая значениями сил света всех точечных излучателей, освещающих эту точку.

При расчете по методу коэффициента использования (баланс световых потоков) ограничиваются таблицами коэффициентов использования, рассчитанными для КСС по расширенной классификации. Это означает, что этот метод наименее точен при расчетах систем общего освещения.

При точных расчетах необходимо использовать расчеты зонального распределения световых потоков с учетом многократных отражений на базе аналитического метода описания КСС осветительного прибора (ОП).

2.2 Выбор видов и системы освещения.

В соответствии с СНиП 23-05-95 искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное:

- *рабочее освещение* – обеспечивает необходимое условие во всех помещениях при нормальных режимах ОУ;

- *охранное освещение* – разновидность рабочего, устраивается по линии охраняемых границ территорий промышленных предприятий (0,5 лк на уровне земли);

- *аварийное освещение* – обеспечивает минимально необходимые осветительные условия для продолжения работы при временном погасании рабочего освещения в помещениях;

- *эвакуационное освещение* – служит для безопасной эвакуации людей из помещения при аварийном погасании рабочего освещения.

- *освещение безопасности* следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанные с этим нарушения обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное нарушение технологического процесса, а также нарушение работы электрических станций, радиоузлов, телестудий, диспетчерских пунктов, насосных установок, вентиляционных камер помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п.

Освещение безопасности должно создавать освещенность не хуже 5% от рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри помещения и не менее 8 лк для территории предприятий.

- область применения, величины освещенности, равномерность требования к качеству для дежурного освещения не нормируется.

Согласно СНиП аварийное освещение должно создавать освещенность не ниже 5% нормируемой освещенности, но не менее 2 лк в помещениях и 1 лк снаружи.

Эвакуационное освещение – не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк снаружи.

Для аварийного освещения и эвакуационного освещения могут использоваться лампы накаливания (ЛН) и люминесцентные лампы (ЛЛ).

Система освещения для помещений может быть *общей* и *комбинированной*, что определяется характером и особенностями зрительных работ.

При выполнении в помещениях зрительных работ I–IV разрядов следует применять, как правило, систему комбинированного освещения.

Система общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. Общее освещение целесообразно устраивать локализованным, в зависимости от уровня нормированного освещения конкретного участка промышленного предприятия.

2.3. Выбор источников света.

При выборе источников света руководствуются следующими соображениями:

- 1) Применять по возможности лампы наибольшей единичной мощности, не
- 2) нарушая при этом нормальных требований к качеству освещения.
- 3) Для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно газоразрядные лампы (ГЛ).
- 4) При технической необходимости допускается применять в одном помещении ЛН и ГЛ.
- 5) Не допускается питание ГЛ постоянным и переменным током при его возможном снижении ниже уровня 90 % от номинального.

Для внутреннего и наружного освещения могут применяться лампы накаливания (в том числе и галогенные ГЛН) и газоразрядные лампы: низкого давления – люминесцентные (ЛЛ), и высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ).

Лампы накаливания для общего внутреннего освещения рекомендуются:

- в производственных помещениях, где производятся работы VI и VIII разрядов;

- для технологических площадок, мостиков, переходов, площадок обслуживания крупного оборудования;

- в помещениях с тяжелыми условиями среды при отсутствии предназначенных для данных условий осветительных приборов (ОП) с газоразрядными лампами (ГЛ);

- в помещениях вспомогательных, бытовых и для временного пребывания людей;

- для аварийного и эвакуационного освещения в помещениях, освещаемых газоразрядными лампами высокого давления.

Для местного освещения рекомендуются ЛН:

- при отсутствии требований к правильной цветопередаче;

- в случае необходимости определенного и переменного направления света;

- при технической невозможности установки ОП с ЛЛ.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) рекомендуется применять;

- в помещениях, где требуется правильная цветопередача;

- в административно-конторских и лабораторных помещениях.

Для жарких помещений рекомендуются амальгамные ЛЛ.

Газоразрядные лампы (ГЛ) всех типов, за исключением ксеноновых, рекомендуются:

- для внутреннего освещения, (как правило, обязательны для системы общего освещения в помещениях, где выполняются работы I÷V и VII разрядов):

- для общего освещения в системе комбинированного;

- в помещениях без или недостаточным естественным светом;

- предназначенных для постоянного пребывания людей.

Выбор типа ГЛ (ЛЛ, ДТЛ, ДРИ, ДНаТ) проводится в зависимости от назначения помещения, его высоты, характера выполняемой зрительных работ и др.

В наружном освещении (НО) используются:

- ЛН для охранного освещения; у входов в зданиях; прожекторных установках (наряду с ГЛВД); для архитектурно-декоративного освещения;

- ДРЛ и ДНаТ для освещения территорий промышленных предприятий, улиц, площадей, скверов, парков;
- ДРИ в прожекторных установках разного назначения;
- ДКсТ при освещении больших открытых пространств.

Рекомендуемые цветовые параметры и примерные типы источников света (ИС) в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче приведены в табл.1.

Таблица 1

Характеристика зрительной работы	Освещенность при общем освещении, лк	Индекс цветопередачи R_a для зданий, не менее	Цветовая температура $T_{\text{цв}}$, К	Тип источника света
1. Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению	≥ 300	90	5000÷6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, ЛХЕ, ЛЕЦ
2. Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению	≥ 300	85	4000÷6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, ЛХЕ, ЛЕ
3. Различение цветных объектов для контроля и сопоставления (сборка радиоаппаратуры т.п.)	≥ 300 и более	50	3500÷6500	ЛБ, ДРИ, ЛХБ,
	150÷300	50	3000÷4500	ЛБ, ЛХБ
	<150	45	2700÷3500	ДНаТ+ДРИ ЛБ, ЛН, КГ, ДНаТ+ДРИ
4. Работа с ахроматическими объектами (механическая обработка металлов пластмасс, сборка машин и инструментов и др.)	≥ 500	50	3500÷6400	ЛБ, ДРИ, ЛХБ
	300÷500	40	3500÷6500	ЛБ, ДРИ, ДРЛ, ЛХБ, ДНаТ+ДРИ
	150÷300	30	3000÷4500	ЛБ, ДРЛ, ЛХБ, ДНаТ+ДРИ
	<150	25	2100÷3500	ЛБ, ДНаТ, ЛТБ, ЛН, КГ, ДНаТ+ДРИ

Рекомендации по выбору ГЛ для освещения производственных помещений (при отсутствии специальных требований к цветопередаче) приведены в табл.2.

Характеристики смешанного освещения лампами ДНаТ+ДРЛ и ДНаТ+ДРИ, обеспечивающего комфортность смешанного освещения не меньшую чем в ОУ с лампами типа ДРЛ, приведены в табл.3.

Таблица 2

Тип лампы	Система освещения	Характеристика зрительных работ по СНиП-23-05-95					Строительный модуль, м				
		Разряд работы	Освещенность, лк	Коэффициент пульсации, К _п , %	Показатель неравномерности n	Показатель ослепленности, Р	6×6	6×12	6×8	6×4	12×18
							Высота установок светильника, м				
ЛЛ	Общее	I, II	300÷1500	10	1,5	20	<4,4	<5,4	<6,0	<6,0	<9,6
		III	200÷500	15	1,5	40	<3,6	<4,8	<4,8	<6,0	<7,2
		IV÷VII	100÷300	20	1,8	40,60	<7,2	<3,6	<6,0	<5,4	<5,4
	Общее в системе комбинированного	I÷III, IV, V	150÷500 150	20 20	1,5 1,8	20,40 40	<3,2 <7,2	<3,6 <3,6	<4,8 <6,0	<5,4 <5,4	<6,0 <5,4
ДРИ	Общее	I	300÷1500	10	2,0	20	4,5÷7,2	5,5÷8,4	6,1÷8,4	6,1÷9,6	9,7÷14,4
		II, III	200÷500	15	2,0	40	3,7÷6,0	4,9÷6,0	4,9÷6,0	6,1÷9,5	7,3÷10,8
		IV÷VII	100÷300	20	3,0	40,60	-	3,7÷6,0	6,1÷7,2	5,5÷6,0	3,5÷10,8
	Общее в системе комбинированного	I÷III	150÷500	20	2,0	20,40	3,3÷5,4	3,7÷6,0	4,9÷6,0	5,5÷7,2	6,1÷10,8
		IV, V	150	20	3,0	40	-	3,7÷6,0	6,1÷7,2	5,5÷6,0	6,1÷10,8
ДРЛ	Общее	I, II	300÷1500	10	2,0	20	≥7,3	≥8,5	≥8,5	≥9,7	≥14,5
		III	200÷500	15	2,0	40	≥6,1	≥6,1	≥6,1	≥9,6	≥10,9
		IV÷VII	100÷300	20	3,0	40,60	≥7,3	≥6,1	≥7,3	≥6,1	≥10,9
	Общее в системе комбинированного	I÷III, IV, V	150÷500 150	20 20	2,0 3,0	20,40 40	≥5,5 ≥7,3	≥6,1 ≥6,1	≥7,3 ≥7,3	≥7,3 ≥6,1	≥10,9 ≥10,9

Таблица 3

Тип ИС в ОУ смешанного освещения	Рекомендуемые разряды зрительной работы по СНиП 23-05-95	Характеристика смешанного освещения			
		Соотношение световых потоков $(\Phi_1 / \Phi_2), \% \Phi_\Sigma$	Соотношение мощностей $(P_1 / P_2), \% P_\Sigma$	$T_{цв}, K$	R_a
ДРЛ+ДНаТ	IIIб, IIIв, IVа, IIIг, IVб и ниже	100:0-75:25	100:0-86:14	3450	37
		75:25-50:50	86:14-67:33	300	34
ДРИ+ДНаТ	IIIб, IIIв, IVа, IIIг, IVб и ниже	100:0-55:45	100:0-62:38	3500	48
		55:45-38:62	62:38-45:55	3100	44

Примечание: Φ_2 и P_2 соответственно доли ДНаТ в суммарном световом потоке Φ_Σ и суммарной мощности P_Σ .

Номенклатура современных ИС проведена в Приложении 1.

2.4 Выбор норм освещенности и коэффициента запаса.

Проектирование осветительных установок (ОУ) регламентировано СНиП 23-05-95, отраслевыми нормами искусственного освещения, инструкциями по проектированию, а также ПУЭ и некоторыми другими нормативными документами.

Нормируемые значения освещенности в СНиП 23-05-95 приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещения для разрядных источников света (кроме оговоренных случаев); для наружного освещения – для любых источников света.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающихся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

К условиям, требующим повышения уровня освещенности, найденного по СНиП, относятся: повышенная длительность напряженной зрительной работы в течение рабочего дня, большое удаление объекта от глаз наблюдателя (более 0,5 м), отсутствие естественного освещения и т.д.

Снижение освещенности на одну ступень возможно в случае малолюдного производства с оборудованием не требующем постоянного об-

служивания или в помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий следует принимать по табл.1 СНиП 23-05-95, а требования к нормам средней яркости усовершенствованных покрытий при проектировании наружного освещения по табл.11 СНиП 23-05-95.

Коэффициент запаса K_z при проектировании естественного, искусственного и совмещенного освещения следует принимать по табл.3 СНиП 23-05-95.

Упомянутые таблицы из СНиП 23-05-95 приведены в «Приложении 2»

2.5 Выбор типа светильника (осветительных приборов (ОП)).

Выбор типа светильников следует производить с учетом характера их светораспределения, экономической эффективности и условий окружающей среды. Это означает, что ОП должны соответствовать типу лампы; конкретной светотехнической функции (общего, местного или комбинированного освещения); форме фотометрического тела, классу светораспределения и типу КСС; возможности перемещения при эксплуатации (стационарные и переносные); способу установки; классу защиты от поражения электрическим током и степень защиты от пыли и воды; исполнение для работы в определенных условиях эксплуатации; способ питания ламп; возможность изменения светотехнических характеристик и т.д.

Условия окружающей среды, соответствующие помещения и зоны приводятся ниже:

Пожароопасные помещения и зоны класса:

П-I – Помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C (например, склады минеральных масел и т.д.)

П-II – Помещения, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 .

П-IIa – Помещения, в которых обращаются твердые или волокнистые горючие вещества.

П-Ш – К зонам класса П-Ш относятся зоны, расположенные вне помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C (например, открытые склады минеральных масел) или твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, дерева и т.д.).

Помещения:

Пыльные:

Помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль (проводящая или непроводящая) в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.

Сухие:

Помещения, в которых относительная влажность не превышает 60% при 20°C. Нормальные сухие помещения в которых отсутствуют условия характерные для помещений жарких и пыльных и с химически активной средой.

Влажные:

В которых пары или конденсирующаяся влага выделяется лишь временно и в небольших количествах и относительная влажность которых более 60%, но не выше 75% при 20°C.

Сырые:

В которых относительная влажность длительно превышает 75% при 20°C.

Особо сырые:

Помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой) при 20°C.

Жаркие:

Помещения, в которых температура длительно превышает 30°C.

Химически активные:

Помещения, в которых по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

С повышенной опасностью:

Характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости или проводящей пыли;
- токопроводящих полов;
- высокой температуры;
- возможности одновременного прикосновения человека к заземленным конструкциям зданий и корпусам технологических механизмов с одной стороны и корпусам электрооборудования с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости;
- химически агрессивной среды;
- одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

Во взрыво- и пожароопасных зонах следует применять светильники, удовлетворяющие требованиям глав 7.3 и 7.4 ПУЭ [13].

Минимально допустимую степень защиты светильников по ГОСТ 17677-82-1 и ГОСТ-14254-80 для освещения непожаро- и невзрывоопасных помещений с разными условиями среды следует принимать по таблице 4:

Таблица 4

№ п.п.	Минимально допустимая степень защиты светильников	Тип источника света	Условия среды						
			Нормальные	Влажные	Сырые	Особо сырые	Химически агрессивные	Пыльные	Жаркие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	IP20	ЛЛ	+	*	--	--	--	*	+
2	IP20	ЛН, ГЛВД	+	*	*	--	--	*	+
3	IP23	ЛЛ, ЛН, ГЛВД	(--)	+	*	*	*	*	*
4	2'0	ЛЛ	+	*	(--)	--	--	--	*
5	2'0	ЛН, ГЛВД	+	*	(--)	--	--	--	*
6	5'0	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	*	--	*	+	+

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	5'3	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	*	*	*	+	*
8	IP51	ЛН	(--)	(--)	+	+	*	+	*
9	5'4	ЛЛ	(--)	(--)	+	+	+	+	+
10	IP53	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	+	+	+	+	*
11	IP54	ЛЛ	(--)	(--)	+	+	+	+	*
12	IP54	ЛН	(--)	(--)	+	+	+	+	*
13	IP54	ГЛВД	(--)	(--)	+	+	+	+	*

Примечание: В таблице 4 использованы следующие условные обозначения:

«+» – светильники рекомендуются;

«*» – светильники допускаются;

«--» – светильники запрещаются;

«(--))» – применение светильников возможно, но не целесообразно.

Указания по выбору светильников различного названия и их светотехнические характеристики приведены в [8], (глава третья) и «Приложении 3».

2.6 Размещение светильников.

При размещении ОП в производительных помещениях и установках наружного освещения необходимо учитывать следующие основные условия:

- а) создание нормируемой освещенности наиболее экономичным путем;
- б) соблюдение требований к качеству освещения (равномерность, направление света, ограничение теней, пульсации освещенности, а также прямая и отраженная блескость);
- в) безопасный и удобный доступ для обслуживания;

г) наименьшую протяженность и удобство монтажа групповой сети;

д) надежность крепления ОП.

Типичные случаи расположения светильников в разрезе и плане производственного помещения показанного на рис.1, где приняты следующие обозначения: H – высота помещения, а при ферменном покрытии – высота до затяжки ферм; h_c – расстояние светильников от перекрытия или затяжки ферм;

h_p – высота рабочей поверхности над полом; h_{π} – высота установки светильников над полом; $h = h_{\pi} - h_p = H - h_c - h_p$ – расчетная высота; L – расстояние между светильниками или их рядами; L_a , L_b – расстояние между светильниками вдоль и поперек помещения, если они неодинаковы; l – расстояние крайних рядов светильников от стены; все размеры указаны в метрах.

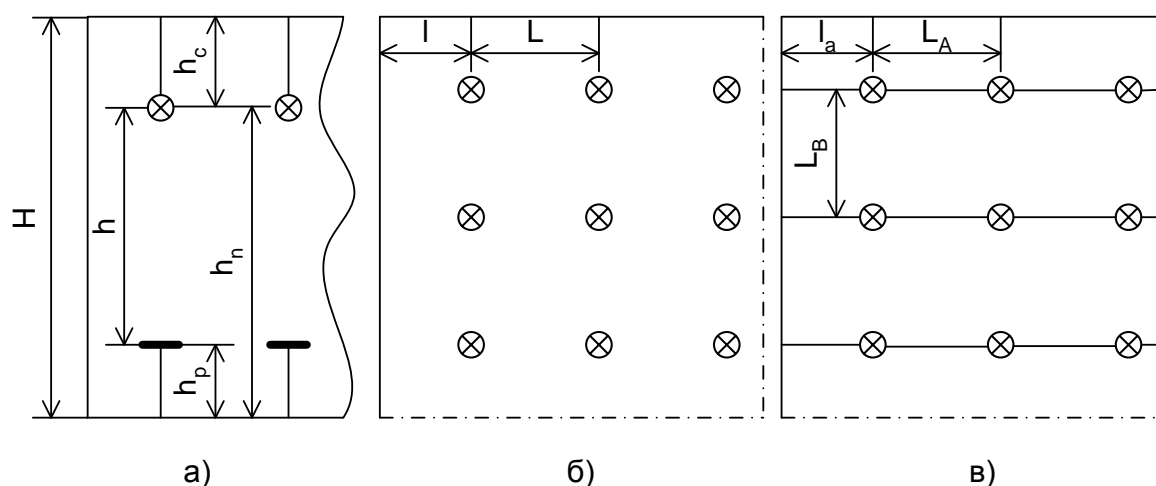


Рис. 1.Схемы расположения светильников в разрезе и в плане.

Из названных размеров H и h_p являются заданными; h_c , кроме случаев установки светильников на стенах, принимается в пределах от 0 до 1,5 м. Расстояние l рекомендуется принимать около $\frac{1}{2} L$ при наличии у стен переходов и около $\frac{1}{3} L$ в остальных случаях.

При размещении светильников по вершинам прямоугольных полей (светильник на затяжке фермы, рис 1.в) желательное отношение $L_a/L_b \leq 1,5$.

Расположение светильников может быть светотехнически наивыгоднейшим, энергетически наивыгоднейшим и экономически наивыгоднейшим. Решением задачи является обычно определение отношения расстояния между светильниками L к расчетной высоте h , обозначаемого λ с индексами «С», «Э» и «О» соответственно. Уменьшение значения λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и возрастанию расходов энергии. Рекомендации по выбору λ приведены в табл.5.

Таблица 5

Тип КСС	λ_c	$\lambda_э$
К – концентрированная	0,6	0,6
Г – глубокая	0,9	1,0
Д – косинусная	1,4	1,6
М – равномерная	2,0	2,6
Л – полуширокая	1,6	1,8

Расчетное значение λ принимается по табл.5 в зависимости от источника света и вида КСС светильника.

Расстояние между светильниками в ряду или между рядами светильников определяется по формуле:

$$L = h\lambda = (h_n - h_p)\lambda = (H - h_c - h_p)\lambda, \text{ м.}$$

Расстояние крайних рядов светильников от стены принимается в пределах $\ell = (0,3 \div 0,5) \cdot L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест.

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется устанавливать рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами. Значение L в этом случае числится как расстояние между рядами.

Для помещения с геометрическими размерами $L_A \times L_B \times H$ м, где L_A и L_B – соответственно длина и ширина помещения, число рядов светильников, расположенных параллельно длинной стороне помещения, вычисляется по формуле:

$$n = (L_B - 2l_b) / L + 1,$$

где l_b – расстояние крайних рядов светильников до стены А. Затем полученное значение n округляется до ближайшего целого числа, уточняется при неизменном L значение l_a и проверяется выполнение условия:

$$l = (0,3 \div 0,5)L_A.$$

Светильники с «точечными» источниками света (лампы накаливания и газоразрядные лампы ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и т.д.) располагаются по вершинам квадратных, прямоугольных или треугольных световых полей, и в общем случае число светильников в ряду N равно:

$$N = (L_A - 2l_a) / L + 1,$$

где l_a – расстояние крайних светильников в ряду до стены В.

В случае прямоугольных полей расстояние между светильниками в ряду L_a должно быть больше расстояния между рядами светильников L_b . Общепринято выдерживать соотношение $L_a / L_b \leq 1,5$. В пределе при $L_a = L_b = L$ получим прямоугольное поле.

Пример 1. Освещение механического цеха выполнено люминесцентными лампами в светильниках ЛСП02, расположенными в виде светящихся линий.

Размеры цеха $A \times B \times H = 48 \times 24 \times 6$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м.

Расстояние светильника от перекрытия $h_c = 0,5$ м. Определить число рядов светильников и изобразить схему их размещения.

Решение:

1. Расчетная высота светильника

$$h = H - h_c - h_p = 6 - 0,8 - 0,5 = 4,7 \text{ м.}$$

2. Расстояние между рядами светильников

$$L = h\lambda_c,$$

где $\lambda_c = 1,4$ для светильников с косинусным светораспределением в соответствии с табл.4 и табл.4.16 [8]. Согласно [8] светильник ЛСП02 имеет косинусную КСС.

Тогда $L = h\lambda_c = 4,7 \cdot 1,4 = 6,58$ м.

Окончательно принимаем значение $L=6,5$ м.

3. Число рядов светильников при их расположении параллельно длинной стене цеха:

$$n = (L_B - 2l_b) / L + 1 = (L_B - 2(0,3 \div 0,5) \cdot L / L) + 1 = \\ = \frac{24 - 2 \cdot 6,5(0,3 \div 0,5)}{6,5} + 1 = 4,092 \div 3,692$$

Принимаем $n=4$, тогда $l_b = (L_B - L(n-1)) / 2 = \frac{24 - 6,5(4-1)}{2} = 2,25$ м.

Отношение находится в диапазоне $(0,3 \div 0,5)L$, что удовлетворяет принятым условиям.

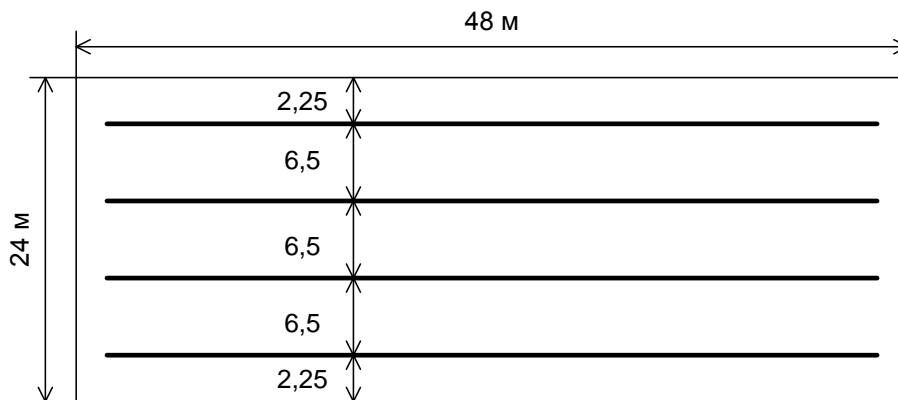


Рис.2. Схема расположения светильников примера 1.

Схема расположения светильников с учетом результатов расчета примера 1 показана на рис.2.

Пример 2. Инструментальный цех освещается лампами ДРЛ в светильниках РСП05/Г03. Размеры цеха $A \times B \times H = 60 \times 30 \times 10$ м. Наметить размещение светильников в цехе при значениях $h_p = 0,8$ м и $h_c = 1,2$ м.

Решение:

1. $h = H - h_c - h_p = 10 - 0,8 - 1,2 = 8$ м.

2. Выбирая по табл.4 значение $\lambda_3 = 1$ для светильника с глубокой КСС (буква Г в обозначении светильника означает тип КСС – глубокая), определим расстояние между светильниками в ряду, расположенном параллельно длинной стороне цеха:

$$L_a = h\lambda = 8 \cdot 1 = 8 \text{ м.}$$

Тогда число светильников в ряду:

$$N' = ((L_A - 2l_a) / L_a) + 1 = (L_A - 2(0,3 \div 0,5) \cdot L_a) / L_a + 1 = \\ = \frac{60 - (0,6 \div 1,0) \cdot 8}{8} + 1 = 7,9 \div 7,5$$

Выбираем $N'=8$, тогда значение, l_a определится по формуле:

$$l_a = (L_A - L_a(N' - 1)) / 2 = \frac{60 - 8 \cdot (8 - 1)}{2} = 2 \text{ м.}$$

Отношение $l_a / L_a = 2 / 8 = 0,25$, что несколько меньше 0,3.

3. Число рядов светильников:

а) При расположении светильников по вершинам квадратных полей выполняется равенство $L_a = L_b = 8$ м. Тогда число рядов светильников:

$$n = ((L_B - 2l_b) / L_b) + 1 = (L_B - 2(0,3 \div 0,5) \cdot L_b) / L_b + 1 = \\ = (L_B - (0,6 \div 1,0) \cdot L_b) / L_b + 1 = \frac{30 - (0,6 \div 1,0) \cdot 8}{8} + 1 = 4,15 \div 3,75$$

Выбираем $n=4$. Тогда число светильников в цехе:

$$N = nN' = 4 \cdot 8 = 32.$$

Уточним значение l_b для выбранного числа рядов светильников

$$l_a = (L_B - L_b(n - 1)) / 2 = \frac{30 - 8 \cdot (4 - 1)}{2} = 3 \text{ м.}$$

Отношение $l_b / L_b = 3 / 8 = 0,375$, что удовлетворяет условию $l_b = (0,3 \div 0,5)L_b$.

б) При расположении светильников по вершинам прямоугольных полей значение L_b выбираем из условия $L_a / L_b \leq 1,5$ или $L_a / 1,5 \leq L_b \leq L_a$.

Тогда $\frac{8}{1,5} \leq L_b < 8$ или $5,33 \leq L_b < 8$. Выбираем значение $L_b = 6$ м, то-

гда число рядов светильников:

$$n = (L_B - (0,6 \div 1,0)L_b) / L_b + 1 = \frac{30 - (0,6 \div 1,0) \cdot 6}{6} + 1 = 5,4 \div 5.$$

Выбираем значение $n=5$, тогда число светильников в цехе:

$$N = nN' = 5 \cdot 8 = 40.$$

При этом $l_a = (L_B - L_b(n - 1)) / 2 = \frac{30 - 6 \cdot (5 - 1)}{2} = 3$ м как и в предыдущем случае.

Схема расположения светильников примера 2 с учетом пунктов 3.а и 3.б примера 1 показаны соответственно на рис.3.а и 3.б.

Окончательный выбор схемы расположения светильников производится после расчета наименьшей освещенности в контрольных точках цеха (под наименьшей понимается величина нормируемой освещенности для конкретного типа производства в соответствии со СНиП 23-05 95).

3. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ

3.1.Задачи расчета.

При расчете осветительной установки (ОУ), как правило, определяют число и мощность источников света для реализации нормированной освещенности в заданной точке пространства. В некоторых случаях проводят проверочные расчеты существующей осветительной установки с целью оптимизации ее количественно – энергетических показателей.

В зависимости от поставленной задачи выбирается метод расчета:

- метод коэффициента использования светового потока – предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Для этой же цели служат различные упрощенные формы этого метода;

- точечный метод – служит для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности.

3.2.Расчет освещенности по методу коэффициента использования.

Минимальная освещенность E_{\min} , создаваемая полезным потоком Φ_{Π} от N светильников на площади S , определяется по формуле:

$$E_{\min} = \frac{N\Phi\eta}{S_z},$$

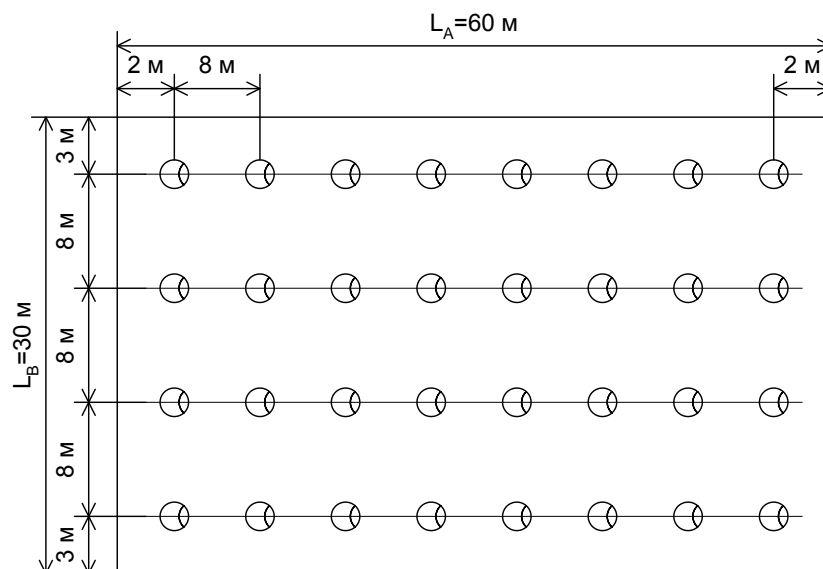
где Φ – суммарный поток ламп светильника;

η – коэффициент использования светильника, определяемый как отношение полезного потока Φ_{Π} к суммарному потоку Φ , т.е.

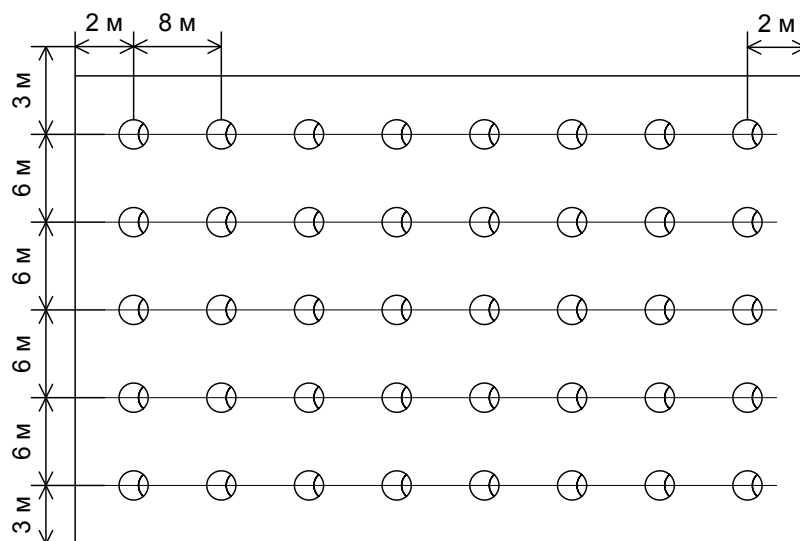
$$\eta = \frac{\Phi_n}{\Phi} = \frac{\Phi - \Delta\Phi}{\Phi},$$

где $\Delta\Phi$ – потери потока в светильнике и за счет поглощения и отражения потолком и стенами;

z – коэффициент минимальной освещенности.



а)



б)

Рис.3. Схема расположения светильников примера 2.

Для обеспечения нормированной освещенности E_n во всё время эксплуатации полученное значения минимальной освещенности необходимо

разделить на коэффициента запаса K_3 , величина которого регламентирована СНиП 23-05-95.

Тогда $E_H = \frac{N\Phi\eta}{SzK_3}$, лк. Откуда в зависимости от поставленной задачи

можно получить:

- суммарный световой поток ламп светильника $\Phi = \frac{E_H Sz K_3}{N\eta}$;

- число светильников $N = \frac{E_H Sz K_3}{\Phi\eta}$.

Значение коэффициента минимальной освещенности z на практике принимают равным 1,15 при расположении светильников по вершинам квадратных полей и $z=1,1$ при освещении линиями люминесцентных светильников. В установках отраженного света или хорошо отражающих стенах $z=1$.

При известном числе светильников рассчитывается поток Φ и выбирается по каталогу стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения Φ не более, чем на $-10\div 20\%$. В противном случае корректируется значение N .

При расчете освещенности от светящихся линий люминесцентных светильников в выражение для E_H подставляется число рядов n вместо числа светильников N , т.е.

$$E_H = \frac{n\Phi\eta}{SzK_3},$$

где Φ – суммарный поток ламп светящей линии.

При выбранном типе светильника с люминесцентными лампами и потоком Φ_1 число светильников в ряду $N_{с.л.}$ (светящей линии)

$$N_{с.л.} = \frac{\Phi}{\Phi_1}.$$

Суммарная длина $N_{с.л.}$ светильников должна быть сопоставимой с длиной помещения и в случае отличия возможна реализация одного из трех случаев:

1) С целью уменьшения превышения длины светящей линии над длиной помещения:

а) увеличить число рядов светящих линий;
б) компоновать ряды на сдвоенных (строенных и т.д.) светильниках;

в) применить люминесцентные лампы с большим значением Φ_1 .

2) Устройство непрерывного ряда светильников при равенстве длин светящей линии и помещения.

3) Устройство разрывного ряда светильников светящей линии с равномерными расстояниями между светильниками в ряду, удовлетворяющего условию, что расстояние между светильниками λ не превысит половины расчетной высоты h .

Коэффициент использования η , определяющий экономичность светильника, зависит от его К.П.Д.(пропорционально), КСС, от коэффициентов отражения потолков $\rho_{\text{п}}$, стен $\rho_{\text{с}}$, расчетной плоскости $\rho_{\text{р}}$ и от значения индекса помещения i , который определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)},$$

где A и B – стороны помещения; S – его площадь;

h – расчетная высота.

Зависимость η от перечисленных факторов учитывается тем, что для каждого светильника или группы светильников с близкими характеристиками составляется отдельная таблица коэффициентов использования, в которой также учитывается характерное значение $\lambda_{\text{с}}$ светильника и коэффициенты отражения.

Отметим, что коэффициенты отражения оцениваются субъективно или предположительно и так как их точные значения неизвестны, то из усредненных значений $\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{с}} = 70; 50; 30; 10 \%$ и $\rho_{\text{р}} = 30; 10; 0 \%$ выбираются их наиболее вероятные сочетания.

Значения i и η приведены в «Приложении 4».

Пример 3. Выполнить светотехнический расчет осветительной установки механического цеха по данным примера 1 методом коэффициента использования.

а) По табл. П2-3 и П2-5 общего освещения в системе комбинированного принимаем $E_{\text{н}} = 300$ лк и $K_{\text{з}} = 1,5$.

В качестве источника света выбираем лампу ЛБ-80 с номинальным световым потоком $\Phi_H=5200$ лк (см табл. П1-1), в светильнике ЛСП02 (группа 2 по табл. 3.2 [8]).

б) Определяем индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{48 \cdot 24}{4,7 \cdot (48 + 24)} = 3,4.$$

в) По значению i и принятым значениям коэффициентов отражения $\rho_{\text{п}}=0,7$; $\rho_{\text{с}}=0,3$; $\rho_{\text{р}}=0,1$; (см табл. П4-3) находим по данным табл. П4-4 коэффициент использования светового потока $\eta=0,69$.

г) Определяем световой поток одного ряда ламп (по расчету примера 1 значение $n=4$):

$$\Phi = \frac{E_H S_z K_z}{N \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 24 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,69} = 2006608,7 \text{ лм.}$$

д) Число светильников в ряду (каждый светильник с двумя лампами):

$$N_{\text{с.л.}} = \frac{\Phi}{2\Phi_H} = \frac{2006608,7}{2 \cdot 5200} = 19,86.$$

Принимаем $N_{\text{с.л.}}=20$, откуда при длине светильника ЛСП02 по[8], табл.3.9 $l_{\text{с.л.}}=1,534$ м длина светильников в ряду:

$$L_{\text{св}} = l_{\text{св}} T_{\text{с.л.}} = 1,534 \cdot 20 = 30,68 \text{ м} < 48 \text{ м.}$$

При расположении светильников в ряд разрывы между светильниками λ составят: $\sum \lambda = L_A - L_B = 48 - 30,68 = 17,32 \text{ м.}$

Тогда:

$$\lambda = \sum \lambda / (N_{\text{с.л.}} + 1) = 17,32 / (20 + 1) = 0,82 \text{ м} \leq 0,5 \cdot h = 4,7 / 2 = 2,35 \text{ м.}$$

При полученном соотношении между λ и $h/2$ ряд светильников можно считать сплошным (сплошная светящая линия).

Пример 4. Выполнить светотехнический расчет осветительной установки инструментального цеха по данным примера 2 методом коэффициента использования при $\rho_{\text{п}}=0,7$; $\rho_{\text{с}}=0,5$; $\rho_{\text{р}}=0,1$.

а) Индекс помещения $i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{60 \cdot 30}{8(60 + 30)} = 2,5.$

б) По данным табл. 5.9. [8] или П4-4 для найденного значения i и заданных величин $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{р}}$ значение $\eta=0,76$ (для светильника РСП05/Г03).

в) При $E_{\text{н}}=300$ и $K_3=1,5$ получим расчетное значение светового потока одной лампы (светильники расположены по вершинам прямоугольных полей):

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} K_3 S z}{N \eta} = \frac{30 \cdot 1,5 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 1,15}{40 \cdot 0,76} = 30641,45 \text{ лм.}$$

По результатам расчета выбираем лампу типа SPX EKO ARC 295 W с $\Phi_{\text{н}}=32000$ лм фирмы Silvania или лампу типа NAV E 400 DE LUXE фирмы Osram.

3.3. Точечный метод расчета освещенности.

3.3.1. Расчет освещенности от круглосимметричных точечных излучателей.

Освещенность любой точки поверхности, создаваемую светильником с известными параметрами (светораспределением, световым потоком ламп и геометрическими характеристиками, определяющими расположение светильника), точечными излучателями (лампы накаливания, лампы ДРЛ, ДРИ, и ДНаТ), определяется при помощи двух видов графиков, составленных для светильников с условным потоком лампы (или нескольких ламп суммарно) 1000 лм, освещающих горизонтальную поверхность [7,8]:

а) Расчет по кривым относительной освещенности.

В этом случае освещенность точки А горизонтальной диффузной поверхности определяется по формуле:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2},$$

где I_{α} – сила света в направлении α к точке А; h – расчетная высота источника света; α – угол между нормалью и направлением от лампы к точке А.

Вводя понятия относительной освещенности ε , как освещенности точки при $h=1$ м, получим $\varepsilon = I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha$ и формулу для расчета освещенности от лампы с силой света 1000лм, установленной на высоте h : $e_{1000} = \varepsilon / h^2$.

б) Расчет по пространственным изолюксам уровней горизонтальной освещенности.

В отличие от предыдущего случая, когда пространственные кривые условной освещенности ε строятся в координатах:

$$\varepsilon = f\left(\frac{d}{h} = \operatorname{tg} \alpha\right),$$

где d – расстояние от проекции светильника на расчетную поверхность до конкретной точки, зависимость $e = f(d, h)$ изображается в координатах d и h [7,8].

3.3.2. Расчет освещенности по условным изолюксам Кнорринга для некруглосимметричных светильников.

Для светильников с несимметричным светораспределением графики по п. 3.3.1, а и б неприменимы, так как сила света этих светильников определяется не только меридиональным углом α , но и азимутом β , поэтому освещенность точки А определяется уже не двумя, а тремя параметрами h , d и β , или h , x , y .

При известных данных о светораспределении светильника для нескольких меридиональных плоскостей, т.е. для нескольких значений β , строятся обычные кривые относительной освещенности $\varepsilon = f(d/h)$, а затем значения абсцисс этих графиков соответствующие этим изолюксам переносятся на координатную сетку $\varepsilon - \eta$, где $\varepsilon = x/h$, а $\eta = y/h$; x и y – координаты контрольной точки **а** на условной плоскости, удаленной от светильника на 1 м, соответствующей точке А на действительной плоскости.

Расчетная формула освещенности $E = \frac{\varepsilon}{h^2}$.

3.3.3. Расчет освещенности на горизонтальной плоскости от точечных излучателей.

Ставится задача обеспечения наименьшей освещенности при выбранном типе светильников с точечными излучателями, а также их расположения и известном коэффициенте запаса K_3

Расчет ведется для наихудшего случая, т.е. для точки, наименее освещенной в пределах поверхности на которой должна быть обеспечена нормированная освещенность. Для этого определяют расстояние d_i от контрольной точки до проекции каждого светильника на расчетную поверхность и по графикам пространственных изолюкс, при известной расчетной высоте, находят значение относительной освещенности ε или e каждого светильника и, суммируя их определяют суммарную относительную освещенность $\sum \varepsilon$ от группы светильников в контрольной точке.

Влияние удаленных светильников, на учтенных в данных суммах, а также света, отраженного от стен и потолков помещения, учитывается коэффициентом дополнительной освещенности μ . Из-за сложности расчета точного значения коэффициента дополнительной освещенности обычно принимают $\mu=1,0 \div 1,2$.

Тогда значение реализуемого светового потока Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{1000 E_n K_3 h^2}{\mu \sum \varepsilon}, \text{ лм, или } \Phi = \frac{1000 E_n K_3 h^2}{\mu \sum e}, \text{ лм.}$$

Отметим, что при общем равномерном освещении крупных помещений основными контрольными точками, в которых определяются минимальные значения $\sum \varepsilon$, является центр углового поля и середина его длинной стороны.

После определения значения Φ подбирается лампа, поток которой отличается от расчетного не более чем на $(-10 \div +20\%)$, при невозможности подбора корректируется положение светильников.

Вышеприведенную формулу для потока Φ можно также использовать для определения освещенности в контрольной точке при известном потоке светильника (лампы).

Пример 5. Выполнить проверку светотехнического расчета примера 4 точечным методом. Схема расположения светильников показана на рис. 4.

Контрольная точка А расположена в середине прямоугольного поля размером 6х8 м, а точка Б в середине длинной стороны светового поля.

Расстояние d_i , определенное по геометрическому построению, а также относительные освещенности, найденные для светильника РСП05/Г03 по пространственным изолюксам условной горизонтальной освещенности рис.6-30 [8] приведены в табл.6.

Таблица 6

Точка	Номера светильников	d_i , м	e , м	$n \cdot e$, лк	$\sum \varepsilon$, лк
А	1,2,3,4,5	5	3,5	14	14,88
	9,6	9,84	0,35	0,7	
	7,8	12,36	0,09	0,18	
Б	13,16	4	5	10	13,07
	14,17	7,2	1,4	2,8	
	15,18	12,6	0,08	0,16	
	10	12	0,11	0,11	

Суммарная относительная освещенность в точке Б оказывается меньше чем в точке А. Следовательно точка Б оказывается наихудшей и именно в ней необходимо определить фактическую освещенность. Принимая значение $\mu=1,1$, получим:

$$E = \frac{\Phi_n \mu \sum e}{1000 K_3} = \frac{32000 \cdot 1,1 \cdot 13,07}{1000 \cdot 1,5} = 321,493 \text{ лк.}$$

Фактическая освещенность отличается от нормированной $E_n=300$ лк на 7,16 %, что вполне допустимо.

Вариант решения примера 5 с использованием аналитического выражения КСС рассмотрен в «Приложении 6».

3.3.4. Расчет освещенности на горизонтальной плоскости от светящей линии (рядов люминесцентных ламп).

Под светящей линией принято понимать излучатели длиной более 0,5 высоты их установки.

Характеристикой светящей линии является линейная плотность светового потока ламп Φ' ; которая определяется делением суммарного светового потока ламп в линии Φ на ее длину $L_{\text{св}}$, причем линии с равномерно распределенными по их длине разрывами λ рассматривается как непрерывные при условии $\lambda \leq \frac{h}{2}$.

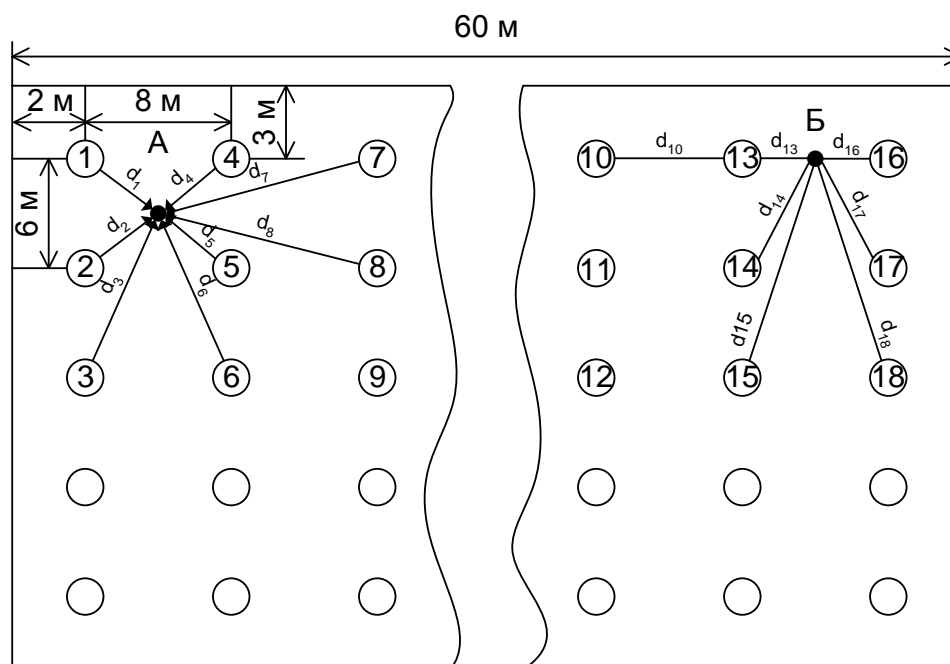


Рис.4. Схема расположения светильников примера 5.

Для протяженных линий с такими же разрывами принято считать линейную плотность светового потока от одного сплошного элемента длины l , т.е. $\Phi' = \frac{\Phi}{l + \lambda}$, где Φ – световой поток ламп в сплошном элементе длиной l .

Для случая $\lambda > 0,5$ – освещенность определяется отдельно от каждого сплошного участка линии, а также линейная плотность светового потока Φ' .

Расположение светящей линии относительно контрольной точки A будем характеризовать размерами $L_{\text{св}}$, h и P как это показано на рисунке 4. Первоначально задача решается для точки расположенной против конца линии, затем результат распространяется на другие случаи.

Принимая, что светораспределение в продольной плоскости характеризуется КСС типа Д (косинусоидальный закон изменения), а в поперечной плоскости задана кривой $I_\gamma = f(\gamma)$ и что сила света e единицы длины линии составляет I' .

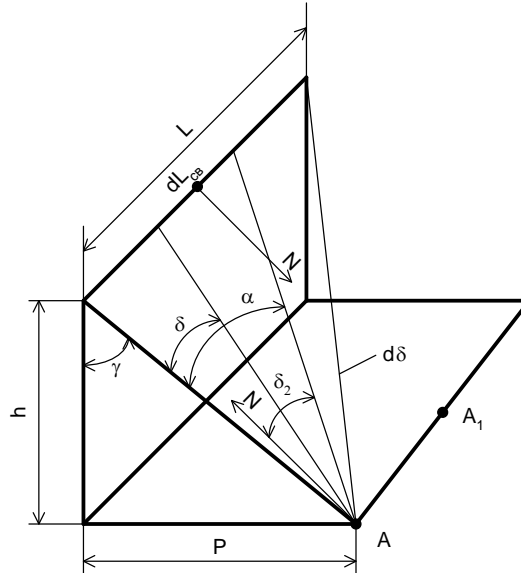


Рис.5. Горизонтальный линейный излучатель.

Освещенность в точке А, создаваемая элементом dL_{CB} :

$$dE = \frac{dI \cos \alpha}{r^2} = \frac{I_\gamma h \cos^2 \delta d\delta}{h^2 + \rho^2};$$

где $dI = I_\gamma \cos \delta \cdot dL_{CB}$; $dL_{CB} = r d\delta / \cos \delta$; $r^2 = \frac{h^2 + \rho^2}{\cos^2 \delta}$.

Тогда освещенность от светящей линии:

$$E = \int_0^{L_{CB}} dE = \frac{I_\gamma \cos^2 \gamma}{2h}(\delta)$$

Заменяя δ , δ_L , $\cos \gamma$ через линейные размеры L_{CB} , h и ρ , получим:

$$E = \Phi' I_\gamma \cdot 10^{-3} \cdot \frac{h}{2(h^2 + \rho^2)} \cdot \left[\frac{L_{CB} \sqrt{h^2 + \rho^2}}{L_{CB}^2 + h^2 + \rho^2} + \arctg \frac{L_{CB}}{\sqrt{h^2 + \rho^2}} \right].$$

На практике принимают относительную освещенность светящей линии равной:

$$\varepsilon = \frac{I_{\gamma} h^2}{2(h^2 + \rho^2)} \left[\frac{L_{\text{св}} \sqrt{h^2 + \rho^2}}{L_{\text{св}}^2 + h^2 + \rho^2} + \operatorname{arctg} \frac{L_{\text{св}}}{\sqrt{h^2 + \rho^2}} \right] = I_{\gamma} \cdot f(L_{\text{св}}, \rho, h).$$

С целью сокращения числа переменных в выражении для относительной освещенности вводят приведенные параметры $L' = L_{\text{св}} / h$ и $\rho' = \rho / h$, что упрощает расчетную формулу и позволяет использовать графики линейных изолукс, заданных в координатах L' и ρ' [8]:

$$\varepsilon = \frac{I_{\gamma}}{2(\rho'^2 + 1)} \cdot \left[\frac{L' \sqrt{\rho'^2 + 1}}{L'^2 + \rho'^2 + 1} + \operatorname{arctg} \frac{L'}{\sqrt{1 + \rho'^2}} \right] = I_{\gamma} \cdot f(\rho', L').$$

Тогда $E = \Phi' \cdot \varepsilon \cdot 10^{-3} / h$.

С учетом многих излучателей (светящий линий) можно получить рабочую формулу:

$$\Phi' = \frac{1000 E_{\text{н}} K_3 h}{\mu \sum \varepsilon} \quad \text{или} \quad E = \frac{\Phi' \mu \sum \varepsilon}{1000 K_3 h}.$$

На основании расчетного значения линейной плотности потока Φ' , полученного по рабочей формуле, производится компоновка светящей линии. При этом возможны два варианта:

1) По известным значениям Φ' и $L_{\text{св}}$ компоновка светящей линии проводится по методике п.3.2.

2) Для достаточно длинных светящих линий определяют $l_{\text{св}} + \lambda = \frac{\Phi}{\Phi'}$ и, придавая различные значения Φ , выбирают подходящий вариант. При этом под $l_{\text{св}}$ понимают длину светильника.

Пример 6. Выполнить проверку светотехнического расчета примера 3 точечным методом. Схема расположения светящих линий показана на рис.6.

Контрольную точку А выбираем на расстоянии 10 м от короткой стены посредине между крайними рядами

В этом случае относительная освещенность определяется от 2n полурядов ($n=4$ в примере 3).

Отметим, что контрольную точку при проверке освещенности светящими линиями следует выбирать ближе к концу светящей линии, так

при большей длине рядов $L_{\text{св}} > 2h$ сильно сказывается уменьшение освещенности у их концов (примерно вдвое по сравнению с освещенностью центральных участков).

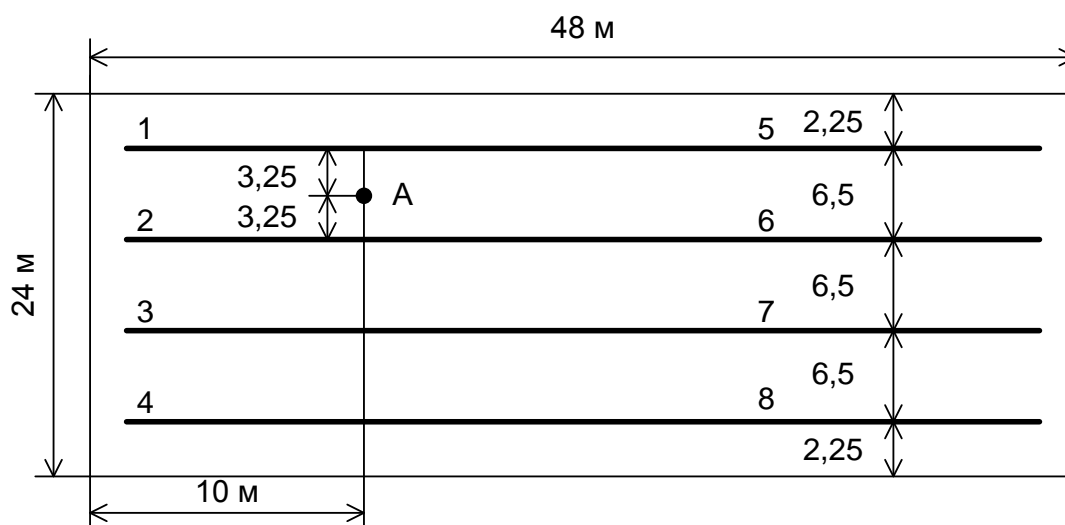


Рис.6.

Значение P_i и $L_{\text{св}i}$ для каждого полуряда определяем с учетом рис.5 и 6.

Нормированные значения $P'_i = \frac{P_i}{n}$ и $L'_i = \frac{L_{\text{св}i}}{h}$ при значении расчетной высоты $h=4,7$ м приведены в табл.7. Здесь же приведены значения относительной освещенности, найденные по линейным изолюксам рис. 6-38 [8].

Таблица 7

Обозначение полуряда	P_i , м	$L_{\text{св}i}$, м	P'_i	L'_i	ε , лк	$\sum \varepsilon$, лк
1 и 2	3,25	10	0,69	2,12	2×92	411,2
3	9,75	10	2,07	2,12	11,5	
4	16,25	10	3,45	2,12	1,7	
5 и 6	3,25	38	0,69	8,08	2×100	
7	9,75	38	2,07	8,08	12	
8	16,25	38	3,45	8,08	2	

Принимая значение $\mu=1,1$, определяем линейную плотность потока:

$$\Phi' = \frac{1000 E_n K_3 h}{\mu \sum \varepsilon} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 4,7}{1,1 \cdot 411,2} = 4675,89 \text{ лм/м.}$$

Фактическая плотность потока ряда из 20 светильников типа ЛСП02 с лампами ЛБ-80 (световой поток 5220×2 , лм):

$$\Phi'_{\text{факт}} = \frac{2\Phi_{\text{л}} N_{\text{с.л.}}}{L_{\text{св}}} = \frac{2 \cdot 5220 \cdot 20}{48} = 4350, \text{ лм/м.}$$

Тогда фактическая освещенность в контрольной точке будет равна:

$$E_{\text{факт}} = E_{\text{н}} \frac{\Phi'_{\text{факт}}}{\Phi'} = 300 \cdot \frac{4300}{47675,89} = 279,09 \text{ лк,}$$

что на 6,9% меньше $E_{\text{н}}$ (допускается отклонение в пределах $-10 \div +20\%$), что вполне приемлемо.

4.Электрическая часть проекта осветительной установки

4.1 Введение.

При проектировании электрической части осветительных установок рассматриваются следующие вопросы:

- выявление электрических нагрузок ОУ;
- уровни и постоянство напряжения в осветительных сетях;
- источники и схемы питания;
- надежность и бесперебойность электроснабжения;
- способы управления освещением;
- расчет, защита и выполнение осветительных систем;
- электробезопасность;
- электрооборудование, используемое в ОУ.

4.2 Расчетные осветительные нагрузки.

Для выявления мощности трансформаторов, питающих электрическое освещение промышленных предприятий, а также для расчета отдельных звеньев осветительных сетей и выбора параметров электрооборудования требуется определять расчетные осветительные нагрузки. Они, как правило, подсчитывается исходя из суммарной установленной мощности, полученной в результате светотехнического расчета или фактически имеющейся в данной ОУ.

Установленная мощность определяется суммированием мощности источников света стационарных ОП напряжением 42 В и номинальной мощности стационарных понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12÷42 В. В ОУ с газоразрядными лампами в установленную мощность включают потери мощности в ПРА.

В случае необходимости установленную мощность можно определить без светотехнического расчета по среднему значению удельной мощности освещения (Вт/м^2), выявленным ранее для аналогичных объектов, и размерам освещаемой площади.

Расчетная нагрузка определяется умножением установленной мощности на коэффициент спроса K_c , равный отношению расчетной длительной нагрузки (30-минутный максимум) к установленной мощности. Значение K_c для групповой сети рабочего освещения производственных и общественных зданий, а также наружного освещения (НО) промышленных предприятий принимают равным единице ($K_c=1,0$).

Для производственных зданий значения K_c равно: 1,0 – для мелких производственных зданий и линий, питающих отдельные групповые щитки;

0,95 – для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

0,85 – для зданий состоящих из многих отдельных помещений;

0,8 – для административно-бытовых и лабораторных зданий промышленных предприятий;

0,6 – для складских зданий состоящих из многих отдельных помещений, электрических подстанций.

Отметим, что на большинстве промышленных предприятий осветительная нагрузка колеблется в пределах 8÷20% общей по предприятию. В общественных зданиях в зависимости от их назначения и степени оснащения инженерными системами осветительная нагрузка составляет 40÷60% общей, а в отдельных случаях доходит до 80%.

С учетом изложенного выше можно записать выражение для определения расчетной нагрузки:

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{уст}} K_c K_{\text{ПРА}},$$

где $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент учитывающий потери мощности в ПРА, который принимается равным:

- 1,1 – для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНаТ;
- 1,2 – для ЛЛ в стартерных схемах включения;
- 1,3÷1,35 – для ЛЛ в бесстартерных схемах включения.

4.3. Напряжение осветительных сетей и его уровни.

Для питания осветительных приборов общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не выше 220 В переменного тока при изолированной нейтрали и при постоянном токе. Для питания отдельных ламп следует применять, как правило, напряжение не выше 220 В. Указанные выше напряжения допускаются для всех стационарных ОП в помещениях без повышенной опасности независимо от высоты их установки.

Разрешается использовать напряжение 380 В, в том числе фазное напряжение системы 660/380 В, для питания ламп, рассчитанных на это напряжение (металлогалогенных, натриевых высокого давления, типа ДКсТ) при соблюдении следующих условий:

- 1) при вводе в ОП и ПРА медным проводом или кабелем на напряжение ≥ 660 В;
- 2) при одновременном отключении всех фазных проводов;
- 3) при нанесении на ОП для помещений с повышенной опасностью и особо;
 - 4) опасных хорошо различимых отличительных знаков с указанием
 - 5) применяемого напряжения («380 В»);
- 6) ввод в ОП двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В запрещается;
- 7) для питания ОП местного освещения накаливания должны применяться напряжения:
 - 8) 220 В и меньше в помещениях повышенной опасности;
 - 9) не выше 42 В – в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных;
 - 10) 127–220 В допускается применять для ОП с ЛЛ местного стационарного освещения.

Напряжение в ОУ всех назначений с любыми видами ламп должны быть не ниже 95% и не выше 105% их номинального значения. Для обес-

печения надежной работы газоразрядных ламп напряжения на них даже в аварийном режиме не должно быть ниже 90% номинального.

4.4. Схема питания ОУ различного назначения.

Сети внутреннего освещения (ВО) разделяются на питающие и групповые. К питающим сетям относятся линии от трансформаторных подстанций или других точек питания до групповых щитков; к групповой сети – линии от групповых щитков до ОП и штепсельных розеток. Сети наружного освещения (НО) разделяются на питающие и распределительные. При этом распределительная сеть – это сеть, питающая ОП наружного освещения.

Схема питания ВО и НО должны обеспечивать:

- необходимую степень надежности питания;
- регламентированные уровни и постоянство напряжения;
- простоту и удобство эксплуатации;
- требования к управлению освещением;
- экономичность установки.

Питающие сети для ОУ и силового электрооборудования рекомендуется выполнять, как правило, отдельными. В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения. В начале групповой линии обязателен аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии или когда управление освещением осуществляется аппаратами, установленными в линиях питающей сети.

При питании внутреннего освещения от встроенных и пристроенных ТП или КТП вблизи них устанавливаются магистральные щитки с автоматами, от которых питаются групповые щитки. Причем, если одной линией питается четыре и более групповых щитков на вводе, в каждый щиток рекомендуется устанавливать отключающий аппарат.

Питающие линии могут выполняться радиальными, радиально-магистральными или магистральными. Характерные схемы питания осветительных установок рассмотрены в [2] §9.5.2. и [8] §10.2.

4.5. Выбор типа и расположение групповых щитков, компоновка сети и ее выполнение.

Групповые щитки, расположенные на стыке питающих и групповых линий, предназначены для установки аппаратов защиты и управления электрическими осветительными сетями. При выборе типов щитков учитываются условия среды в помещении, способы установки в них аппаратов. Выбор щитков производится по данным, приведенным в [8], §11.4.

Располагать щитки следует, по возможности, ближе к центру нагрузки в местах, удобных для обслуживания. При выборе мест расположения щитков учитываются рекомендации [8], §10.3.

Выполнение электрических осветительных сетей возможно проводками, кабелями и осветительными шинопроводами (ШОС), как правило, с алюминиевыми жилами. Токопроводы с медными жилами применяются ограниченно, например, для взрывоопасных помещений классов В-I и В-Ia.

Сортамент линий и технические данные проводов и кабелей приведены в [8], табл.11.1÷11.5 и [15]. Из существующего сортамента шинопроводов в ОУ наиболее широко используются:

- в питающих сетях – шинопроводы ШРА-73 на токи 250, 400 и 630 А;
- в групповых сетях – шинопроводы ШОС-67 на ток 25А и шинопроводы ШОС-73 на ток 63А (при алюминиевых шинах) или 100А (при медных шинах).
- Выбор типа проводки (открытая, скрытая, сменяемая и т.п.) производится на основании рекомендаций [2], §9.7.

4.6. Выбор сечений проводников по механической прочности.

Сечения проводников осветительной сети должны обеспечить:

- достаточную механическую прочность сети ([8], §12.2);
- прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур ([8], §12.3);
- необходимые уровни напряжения у источников света ([8], §12.4);
- срабатывания защитных аппаратов при коротких замыканиях ([8], §12.7).

Наименьшие допустимые сечения проводников по механической прочности

указаны в [8], табл.12.1 и [15]. При тросовых проводках в зависимости от нагрузки стальные тросы следует принимать диаметром 1,95÷6,5 мм, катанку – диаметром 5,5÷8 мм.

4.7 Выбор сечений проводников по нагреву.

Нагрев проводников вызывается прохождением по ним тока I , величина которого определяется по формулам:

- для трехфазной сети, с нулем и без нуля, при равномерной нагрузке фаз:

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos\varphi}, \text{ A};$$

- для двухфазной сети с нулем, при равномерной загрузке фаз:

$$I = \frac{P_2}{2U_{\text{ф}} \cos\varphi}, \text{ A};$$

- для двухпроводной сети:

$$I = \frac{P_1}{U_{\text{н}} \cos\varphi}, \text{ A};$$

- для каждой из фаз двух- или трехпроводной сети с нулем при любой, в том числе и неравномерной нагрузке:

$$I = \frac{P_1}{U_{\text{ф}} \cos\varphi}, \text{ A};$$

где P_i – активная расчетная мощность одной, двух или трех фаз;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;

$U_{\text{л}}$ $U_{\text{ф}}$ $U_{\text{н}}$ – соответственно линейное, фазное и номинальные напряжения сети.

При равномерной загрузке фаз ток в нулевом проводе трехфазных сетей, питающих лампы накаливания, равен нулю, ток же сетей, питающих газоразрядные лампы, может достигать величины фазного тока.

Нелинейность ПРА и вольтамперных характеристик газоразрядных ламп ведут к искажению синусоидальной формулы тока и появлению

высших гармоник, причем последнее, в основном третья, приводит к наличию тока в нулевых рабочих проводах трехфазных линий. Стандарты ограничивают величину тока в нулевом проводе трехфазных линий на уровне фазного при компенсации ПРА и половина фазного тока – при индуктивных ПРА.

В двухфазных трехпроводных сетях при равномерной загрузке фаз ток в нулевом проводе равен фазному току при питании ламп накаливания и может быть несколько больше фазного тока при питании газоразрядных ламп.

При неравномерной нагрузке фаз линейные токи будут неодинаковы и при небольшой неравномерности, выбор сечения проводов следует вести, как для линии с равномерной нагрузкой фаз, приняв в качестве расчетной утроенную нагрузку наиболее загруженной фазы.

При существенной неравномерности нагрузки (например, при мощных ксеноновых светильниках) необходимо определить токи и сечения проводников отдельно для каждой фазы.

Для трехфазных линий с включением нагрузок на линейное напряжение на линейные токи I_a , I_b , I_c зависит от порядка следования фаз (А-В-С или С-В-А).

При прямом порядке следования фаз:

$$\begin{aligned} I_A &= \sqrt{I_{ab}^2 + I_{ca}^2 + 2I_{ab}I_{ca} \sin(\varphi_{ab} - \varphi_{ca} + 30^\circ)}; \\ I_B &= \sqrt{I_{bc}^2 + I_{ab}^2 + 2I_{bc}I_{ab} \sin(\varphi_{bc} - \varphi_{ab} + 30^\circ)}; \\ I_C &= \sqrt{I_{ca}^2 + I_{bc}^2 + 2I_{ca}I_{bc} \sin(\varphi_{ca} - \varphi_{bc} + 30^\circ)}. \end{aligned}$$

При обратном порядке следования фаз в каждой из формул необходимо поменять местами индексы углов (ab и ca , bc и cb , bc и ca). Так как порядок следования фаз при проектировании неизвестен и может меняться в процессе эксплуатации, необходимо определять линейные токи для обоих вариантов следования фаз.

Ток нагрузки, протекая по проводнику, нагревает его. Нормами установлены наибольшие допустимые температуры нагрева жил проводов и, исходя из этого, определены длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей в зависимости от материала их изоляции и оболочки и условий прокладки [13]. Значение токов приняты для температуры окру-

жающего воздуха +25⁰С и земли +15⁰С. В случае, если предусматривается длительная эксплуатация провода в среде с температурой, отличной от нормативной, допустимая токовая нагрузка, (в амперах), определяется по формуле:

$$I = I_{\text{н}} \sqrt{\tau_{\text{ф}} / \tau_{\text{н}}},$$

где $I_{\text{н}}$ – нормативная токовая нагрузка, А, [13];

$\tau_{\text{ф}}$ и $\tau_{\text{н}}$ – допустимое превышение температуры провода соответственно над фактической и нормативной температурой среды ⁰С.

Расчет значения тока в линиях производится по формуле:

$$I = P_{\text{р}} K_{\text{Т}},$$

где $P_{\text{р}}$ – расчетная нагрузка, кВт;

$K_{\text{Т}} = f(U, \cos \varphi)$ – значения приведены в табл.9.

4.8. Расчет осветительной сети по потере напряжения.

Величина располагаемых потерь напряжения в сети [8] определяется по формуле: $\Delta U_{\text{д}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{мин}} - \Delta U_{\text{т}}$, %,

где $\Delta U_{\text{д}}$ – располагаемая потеря напряжения в сети;

$U_{\text{хх}}$ – номинальное напряжение при холостом ходе трансформатора (105%);

$U_{\text{мин}}$ – допускаемое напряжение у наиболее удаленных ламп (см.[8], §10.1);

$\Delta U_{\text{т}}$ – потеря напряжения в трансформаторе, приведенная ко вторичному напряжению [см.табл.8].

Отметим, что значение $U_{\text{хх}}$, $U_{\text{мин}}$, $\Delta U_{\text{т}}$ – указываются в процентах.

Допустимые потери напряжения в осветительной сети ΔU , % в зависимости от мощности трансформатора $S_{\text{н}}$, коэффициента его загрузки β и $\cos \varphi$ нагрузки приведены в [8], табл.12.6. Эти потери рассчитаны для $U_{\text{мин}}$ равного 97,5%, и при иных значениях должен быть соответственно изменены.

Потеря напряжения ΔU_T зависит от мощности трансформатора, его нагрузки, коэффициента мощности питаемых электроприемников и определяется с достаточным приближением по формуле:

$$\Delta U_T = \beta(U_{a.T} \cos \varphi + U_{p.T} \sin \varphi),$$

где $\Delta U_{a.T}$ и $\Delta U_{p.T}$ – активная и реактивная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора, определяемого по формулам:

$$U_{a.T} = \frac{P_k}{P_a} \cdot 100\% \text{ и } U_{p.T} = \sqrt{U_k^2 \% - U_{a.T}^2 \%};$$

P_k – потери короткого замыкания, кВт; P_a – номинальная мощность трансформатора, кВт·А; U_k – напряжение короткого замыкания, %.

В общем случае потеря напряжения в сети определяется по формулам:

- в сетях без индуктивности $\Delta U = IR$;

- в сетях с индуктивностью $\Delta U = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$,

где I – расчетный ток линии, А; R и X – активное и реактивное сопротивление линии, Ом; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Если выразить ΔU в процентах от номинального напряжения U_H , а ток нагрузки через мощность (в киловаттах), то получим расчетные формулы потери напряжения через момент нагрузки:

- для двухпроводной сети (однофазной, двухфазной без нуля или постоянного тока):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 10^{11}}{\gamma S U_H^2} \cdot M;$$

- для четырехпроводной трехфазной с нулем и трехфазной трехпроводной без нуля сети:

$$\Delta U = \frac{10^{11}}{\gamma S U_H^2} \cdot M;$$

- для трехпроводной двухфазной с нулем в сети:

$$\Delta U = \frac{2,25 \cdot 10^{11}}{\gamma S U_H^2} \cdot M,$$

где γ – удельная проводимость проводника, См/м; S – сечение проводника, мм²; U_H – номинальное напряжение сети (для трех- и двухфазных

сетей линейное напряжение), В; M – момент нагрузки, равный произведению мощности нагрузки P , кВт, на длину линии l , м и определяемый по схемам рис.7.

При заданных номинальном напряжении сети и материале проводника:

$$\Delta U = \frac{M}{CS} \text{ и } S = \frac{M}{C\lambda U},$$

где C – коэффициент, зависящий от напряжения и материала проводника (см. табл.8).

Потери напряжения на всех участках сети (от шин низшего напряжения трансформатора до самого удаленного светильника) суммируются и сравниваются с величиной допустимой потери напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$.

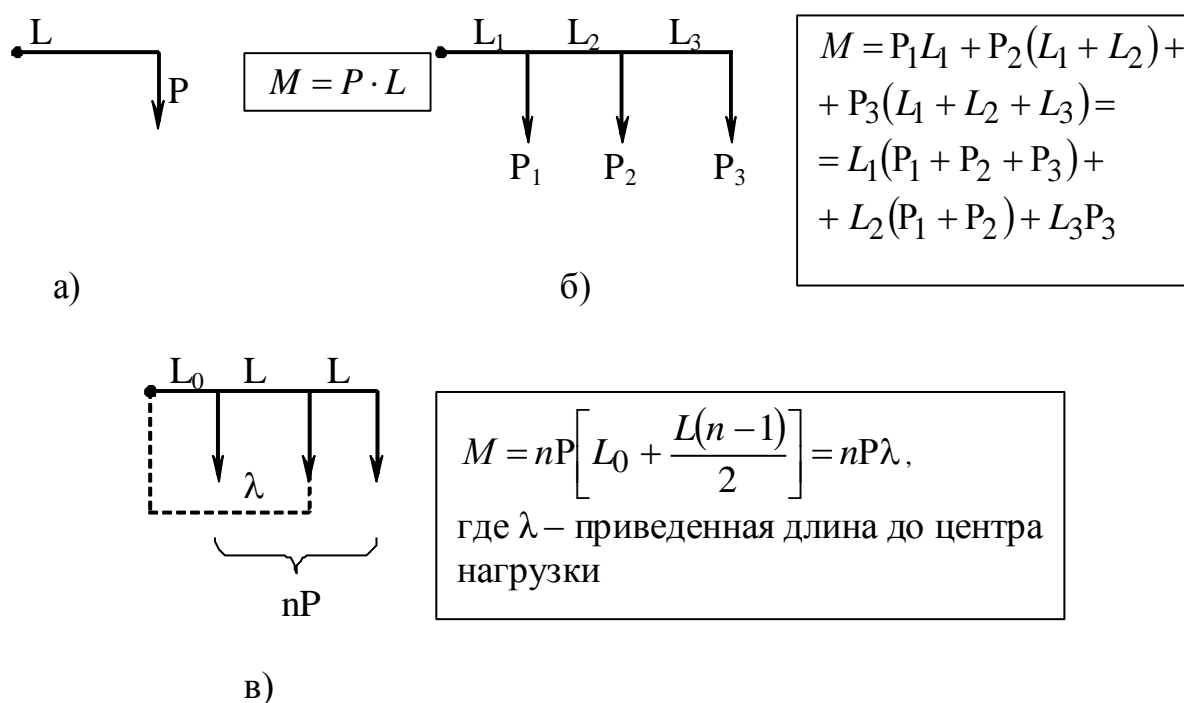


Рис.7. Определение моментов нагрузки

В практических расчетах следует пользоваться таблицами моментов (см.[8],табл. 12.11÷12.22, и [13]), позволяющими по заданным значениям моментов нагрузки M и сечениям проводов S определить на каждом участке светильной сети.

В табл. 8 приведены значения ΔU_T для коэффициент загрузки $\beta=1$.

Таблица 8.

Потери напряжения в трансформаторах.

Мощность трансформатора, кВ·А	Потеря напряжения ΔU_T %, при коэффициенте мощности нагрузки, равном					
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	1,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
250	1,5	3,2	3,7	4,1	4,3	4,4
400	1,4	3,1	3,7	4,0	4,2	4,4
630	1,2	3,4	4,1	4,6	4,9	5,2
1000	1,1	3,3	4,1	4,6	5,0	5,2
1600-2500	1,0	3,3	4,1	4,5	4,9	5,2

Для определения ΔU_T его значение, найденное по таблице 8, следует умножить на фактическое значение β .

Таблица 9.

Значение коэффициентов K_T и C .

Номинальное напряжение сети, В	Система сети, род тока	Коэффициенты K_T для				Коэффициент C проводов	
		ЛН	ГЛ при $\cos\varphi$ комплекта Лампа – ПРА			медных	алюминиевых
			0,9	0,5	0,35		
660/380	Трёхфазная с нулем	0,875	0,972	1,75	2,5	218,0	133,0
380/220		1,52	1,69	3,04	4,34	72,2	44,0
220/127		2,63	2,92	5,26	7,52	24,2	14,8
320	Трёхфазная без нуля	1,52	1,69	3,04	4,34	72,2	44,0
220		2,63	2,52	5,26	7,52	24,2	14,8
40		14,4	16,0	28,9	41,2	0,8	0,488
36		16,0	17,8	32,1	45,8	0,648	0,395
12		48,1	53,5	96,1	137,0	0,072	0,044
660/380	Двухфазная с нулем	1,32	1,46	2,63	3,76	96,8	59,0
380/220		2,27	2,52	4,54	6,49	32,1	19,6
220/127		3,94	4,37	7,87	11,2	10,7	6,56
660/380	Однофазная с нулем	2,63	2,92	5,26	7,52	36,1	22,0
220		4,54	5,05	9,09	13,0	12,1	7,38
127	Двухпроводная переменного и постоянного тока	7,87	8,75	15,7	22,5	4,03	2,46
40		25,0	27,8	50,0	71,4	0,4	0,244
36		27,8	30,9	55,5	79,4	0,324	0,198
12		83,3	92,6	167,0	238,0	0,036	0,022

Пример 7. Определить допустимую потерю напряжения в групповой линии, если осветительная установка питается от подстанции на которой установлен трансформатор $S_T=1000$ кВ·А; $\cos\varphi_{\text{нагр}}=8,95$; $\beta=0,7$; а питающая 3-фазная 4-проводная линия имеет длину 30 м; $P=80$ кВт; $U=380/220$ В.

Решение: Ток в питающей линии:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos\varphi} = \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,05} = 128,09 \text{ А}.$$

Исходя из условия, что длительно допустимый ток через проводник $I_{\text{дд}}$ должен превышать расчетное значение тока, т.е. $I_{\text{дд}} \geq I$, принимаем по табл.12.2 [8] ближайшее значение тока $I=140$ А к расчетному $I=128,09$ А для четырехжильного кабеля АПВ-4 (1×70) с прокладкой в стальных трубах.

- 1) Определяем момент нагрузки в питающей линии:

$$M = Pl = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ кВт·м}.$$

- 2) По известному сечению питающей линии и моменту нагрузки по табл. 12.11 [8] определим допустимую потерю напряжения в питающей линии:

$$\Delta U_{\text{пит}} = 0,8\% .$$

- 3) По заданным значениям $S_T=1000$ кВ·А, $\cos\varphi_{\text{нагр}}=0,95$ и $\beta=0,7$ по таблице 12.6 определяем полную допустимую потерю напряжения от шин подстанции до самого удаленного светильника:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5,5\% .$$

- 4) Определяем допустимую потерю напряжения в групповой линии:

$$\Delta U_{\text{гр}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{пит}} = 5,5 - 0,8 = 4,7\% .$$

4.9 Компенсация реактивной мощности в осветительных сетях.

Осветительные сети с газоразрядными лампами и электромагнитными ПРА характеризуются низким значением $\cos\varphi=0,5\div0,6$. Для повыше-

ния $\cos\phi$ до значения $0,9\div 0,95$, используются, как правило, статические конденсаторы.

Компенсация $\cos\phi$ может быть индивидуальной (конденсаторы устанавливаются у каждого светильника) и групповой (конденсаторы присоединяются к началу каждой групповой линии или к питающим линиям или к шинам подстанции).

Реактивная мощность конденсаторов Q_k (в $\text{kV}\cdot\text{Ar}$), необходимая для повышения $\cos\phi_1$ до значения $\cos\phi_2$ определяется по формуле:

$$Q_k = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2), \text{ кВ}\cdot\text{Ар},$$

где P – активная мощность ламп с учетом потерь в ПРА, кВт.

Промышленность выпускающая комплектные конденсаторные установки, регулируемые, низкого напряжения на мощности $50\div 550 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$ типа УКМ70, низкого напряжения с фильтрацией высших гармоник, типа УКМФ-71 на мощности от 25 до 300 $\text{kV}\cdot\text{Ar}$. Эти установки снабжены электронными (микропроцессорными) регуляторами мощности, что позволяет поддерживать требуемое значение $\cos\phi$ в широком диапазоне компенсируемых мощностей. Технические характеристики комплектных конденсаторных установок приведены в табл. 10.

Таблица 10.

Тип	Мощность, кВ·Ар	Колич. ступеней	Мощность ступеней	Ток, А	Сечение медного кабеля для ввода, мм ²	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
УКМ 70-0,4-50-10-У3	50	5	1×10+2×20	72	3×50	170
-75-15-У3	75	5	1×15+2×30	108	3×100	175
-100-20-У3	100	5	1×20+2×40	144	3×100	210
-112,5-12,5-У3	112,5	9	1×12,5+4×25	161	3×100	215
-150-25-У3	150	6	2×25+2×50	216	3×150	235
-200-25-У3	200	8	2×35+3×50	289	2×(3×185)	280
-225-25-У3	225	9	1×25+4×50	325	2×(3×185)	300
-250-25-У3	250	10	2×25+4×50	361	2×(3×240)	330
-275-25-У3	275	11	2×25+6×50	398	2×(3×240)	340
-300-25-У3	300	12	2×25+5×50	433	2×(3×240)	350
-350-25-У3	350	14	2×25+6×50	498	2×(3×150)	370
-400-50-У3	400	8	2×25+7×50	579	2×(3×185)	430
-500-50-У3	500	10	2×25+9×50	755	2×(3×240)	550

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
-550-50-У3	550	11	2×25+10×50	810	2×(3×240)	580
УКМФ-04-25-25-У3	25	1	1×25	36	3×16	160
-50-25-У3	50	2	2×25	72	3×50	200
-75-25-У3	75	3	1×25+1×50	108	3×70	250
-100-25-У3	100	4	2×25+1×50	144	3×120	280
-125-25-У3	125	5	1×25+2×50	180	3×185	315
-150-25-У3	150	6	2×25+2×50	217	3×240	340
-175-25-У3	175	7	1×25+3×50	253	2×(3×95)	380
-200-25-У3	200	8	2×25+3×50	289	2×(3×120)	400
-250-25-У3	250	5	2×25+4×50	361	2×(3×185)	460
-300-25-У3	300	6	2×25+5×50	433	2×(3×240)	520

Номинальное напряжение установок 400 В, частота 50 Гц, коэффициент несинусоидальности 3,6, температура окружающего воздуха от -10 до +45 °С, степень защиты IP21, IP54, конденсаторы типа КПС.

Емкость конденсатора при индивидуальной компенсации определяется по формуле:

$$C = \frac{Q_k}{2\pi f U^2 \cdot 10^{-3}}, \text{ мкФ},$$

где U – напряжение на зажимах конденсатора, кВ; f – частота питающей сети, Гц; Q_k – реактивная мощность конденсатора, кВ·Ар.

Пример 8. Определить реактивную мощность компенсирующего конденсатора Q_k , ток автомата I_a на осветительном щитке, сечения (по току) фазовых S_ϕ и нулевого S_0 проводов групповой сети, ток линии I_λ осветительной сети общей мощностью $P=18$ кВт, в том числе лампы накаливания $P_n=3$ кВт, $\cos\varphi=1$ и лампы ДРЛ $P_d=15$ кВт (с учетом потерь в ПРА), $\cos\varphi=0,5$; $\operatorname{tg}\varphi=1,73$. Питание освещения осуществляется трехфазной четырехпроводной линией, выполненной кабелем АНРГ. Загрузка фаз равномерная. Фазное напряжение $U_\phi=0,22$ кВ

Решение: Реактивная Q_1 , полная S_1 мощности и ток групповой линии I_λ некомпенсированной осветительной сети:

$$Q_1 = P_d \operatorname{tg} \varphi_1 = 15 \cdot 1,73 = 26 \text{ кВ} \cdot \text{Ар};$$

$$S_I = \sqrt{P^2 + Q_I^2} = \sqrt{18^2 + 26^2} = 31,6 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$I_{\text{л}} = \frac{S_I}{\sqrt{3} U_{\text{л}}} = \frac{31,6}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,22} = 47,878 \text{ А}.$$

Коэффициент мощности некомпенсированной установки:

$$\cos \varphi_1 = P / S_1 = 18 / 31,6 = 0,57.$$

Необходимая реактивная мощность конденсатора, установленного в начале групповой линии для повышения коэффициента мощности от $\cos \varphi_1 = 0,57$ ($\operatorname{tg} \varphi_1 = 1,43$) до значения $\cos \varphi_2 = 0,95$ ($\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,33$):

$$Q_k = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 18 \cdot (1,43 - 0,33) = 19,8 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

По табл. 10 выбираем комплексную конденсаторную установку типа УКМФ-04-25-25-У3 мощностью 25 кВ·Ар.

Тогда при исправленном коэффициенте мощности $\cos \varphi_2$ реактивная мощность:

$$Q_2 = Q_1 - Q_k' = 26 - 25 = 1 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

Полная мощность:

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q_I^2} = \sqrt{18^2 + 12^2} = 18,0277 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_2 = P / S_2 = 18 / 18,0277 = 0,99846$$

По табл. 12.2 [8] для $I_{\text{л}} = 48 \text{ А}$ определяем $S_{\Phi} = 16 \text{ мм}^2$.

Ввиду отсутствия компенсации реактивной мощности на участке «автомат – лампы» увеличения S_0 до S_{Φ} не требуется: принимаем $S_0 = 10 \text{ мм}^2$, тогда ток автомата:

$$I_a = \frac{S_2 K_{\text{п}}}{\sqrt{3} U_{\text{л}}} = \frac{19,6 \cdot 1,4}{1,73 \cdot 0,38} \approx 40 \text{ А},$$

где $K_{\text{п}} = 1,4$ – коэффициент на пусковые токи (табл. 10.2 [8]).

5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

В состав технического проекта осветительной установки необходимо включить следующие материалы:

- 1) пояснительная записка с подробными расчетами и необходимыми комментариями по светотехническому и электротехническому расчетам;
- 2) таблицы с основными светотехническими и электротехническими показателями;
- 3) план-схема внутренней питающей сети.

В таблицах основных технических показателей содержаться следующие графы:

- наименования объекта;
- освещаемая площадь в м^2 ;
- преимущественная (нормируемая) освещенность участков объекта, в лк;
- расчетная освещенность участков объекта, в лк;
- преимущественный тип осветительных приборов общего освещения;
- удельная мощность общего освещения, Вт/м^2 ;
- количество светоточек;
- преимущественный вид проводки групповой сети.

План-схему внутренней питающей сети выполнить в соответствии с требованиями ЕСКД с использованием условных обозначений и надписей для светотехнических проектов по табл.10 П5-1 и рис. П5-1 и П5-2.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

6.1 Светотехническая часть. Нормы наружного освещения.

Основной задачей наружного освещения (НО) промышленных предприятий является обеспечение безопасности движения механизированного транспорта и пешеходов в темное время суток. Установки стандартного НО должны создавать необходимые условия зрительной работы водителей механизированного транспорта и пешеходов, обеспечивающие своевременное обнаружение препятствий. При этом водитель механизированного

транспорта должен иметь возможность обнаружить препятствие на пути движения машин с расстояния в несколько десятков метров, а пешеход различить неровности тротуара и мостовой, увидеть ограждения и распознать встречающих людей с расстояния в несколько метров.

Фотометрической характеристикой, определяющей уровень видимости объектов, является яркость дорожного покрытия. Для усовершенствованных дорожных покрытий (асфальт, бетон и т.д.) она в значительной мере зависит от углов падения света, состояния поверхности и т.д. В связи с этим яркость и освещенность покрытия не связаны прямой зависимостью, что не позволяет осуществлять прямое нормирование. Однако в случае простейших покрытий (грунт, щебень и т.д.), имеющих диффузионный характер отражения, может быть применен метод нормирования по освещенности.

Проезжие части магистралей промышленных предприятий, в частности является продолжением улиц населенных пунктов, поэтому их НО проектируется исходя из условия обеспечения средней яркости дорожного покрытия согласно табл. 11.

Таблица 11.

Нормируемые значения средней яркости дорожного покрытия и средней горизонтальной освещенности для улиц, дорог и площадей различных категорий

Категория объекта по освещению	Улицы, дорога и площади	Наибольшая интенсивность движения в обоих направлениях, транспортных единиц в час	Средняя яркость покрытия, Кд/м ²	Средняя горизонтальная освещенность, лк
1	2	3	4	5
А	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	Свыше 3000	1,6	20
		Свыше 1000 до 3000	1,2	20
		От 500 до 1000	0,8	15
В	Магистральные улицы районного значения	Свыше 2000	1,0	15
		Свыше 1000 до 2000	0,8	15
		От 500 до 1000	0,6	10
		Менее 500	0,4	10

Продолжение таблицы 11

С	Улицы и дороги местного значения	500 и более	0,4	6
		менее 500	0,3	4
		одиночные автомобили	0,2	4

Отметим, что нормы средней горизонтальной освещённости из таблицы 11 утверждены только для населённых пунктов Заполярья, поэтому данные по расчету средней освещённости справедливы для Владимирского региона только с октября по апрель месяцы (период сохранения снежного покрова).

Расчет средней яркости дорожного покрытия выполняется по методу коэффициента использования светильника по яркости, значения которого приведены в ВСН 22-75 для устаревших типов светильников (РКУ-400 и др.). Для светильников однотипных с ЖКУ 01-400-002 можно использовать в практических расчётах данные [3] (Справочная книга по светотехнике/под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995. -528с: ил.), которые при установке продольной оси некруглосимметричного светильника под углом φ к горизонту имеют значения, показанные в таблице 12 (для гладкого мелкозернистого асфальтобетонного покрытия).

Таблица 12

Значения коэффициентов использования по освещенности и яркости для осветительного прибора типа ЖКУ01-400-002.

φ , град	β , град	Значения U_E и U_L при отношении ширины расчетной полосы к высоте установки осветительного прибора b/h						
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значения коэффициента использования по освещенности U_E								
0	0;180	0,21	0,31	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38
10	0	0,22	0,34	0,39	0,41	0,43	0,43	0,44
10	180	0,16	0,22	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27
20	0	0,20	0,34	0,40	0,44	0,45	0,46	0,46
20	180	0,15	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21
30	0	0,16	0,27	0,39	0,43	0,46	0,47	0,48
30	180	0,09	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,1

Продолжение таблицы 12

		Значения коэффициента использования по яркости U_L						
0	0;180	0,050	0,069	0,076	0,079	0,081	0,082	0,082
10	0	0,049	0,072	0,081	0,085	0,087	0,088	0,088
10	180	0,038	0,052	0,056	0,057	0,058	-	-
20	0	0,046	0,070	0,083	0,087	0,090	0,092	0,092
20	180	0,032	0,040	0,046	0,048	-	-	-
30	0	0,040	0,067	0,079	0,085	0,089	0,090	0,090
30	180	0,024	0,029	0,030	-	-	-	-

Для магистралей категорий А и Б (см. табл. 11) регламентируемый показатель ослепленности осветительной установки (ОУ) не должен превышать 150. Для ОУ улиц и дорог категории В, а также для ОУ, нормируемых по средней освещенности, минимальная высота расположения ОП ограничивается, исходя из условий ограничения ослепленности в соответствии с табл. 13.

Таблица 13

Минимально допустимая высота установки светильников в зависимости от их светораспределения.

Кривая силы света по ГОСТ 17677-82	Наибольший световой поток источников света в ОП, установок на одной опоре, ЛК	Наименьшая высота установки ОП, м, при	
		ЛН	ГЛ
Полуширокая	Менее 5000	6,5	7
	От 5000 до 10000	7	7,5
	Более 10000 до 20000	7,5	8
	Более 20000 до 30000	-	9
	Более 30000 до 40000	-	10
	Более 40000	-	11,5
Широкая	Менее 5000	7	7,5
	От 5000 до 10000	8	8,5
	Более 1000 до 20000	9	9,5
	Более 20000 до 30000	-	10,5
	Более 30000 до 40000	-	11,5
	Более 40000	-	13

6.2 Выбор, расположение и способ установки светильников.

В установках наружного освещения при средней яркости покрытия $0,4 \text{ кд/м}^2$ и выше и средней освещенности 4 лк и выше следует преимущественно применять светильники с газоразрядными источниками или полупроширокое светораспределение. Не допускается применение прожекторов, а также открытых ламп без осветительной арматуры.

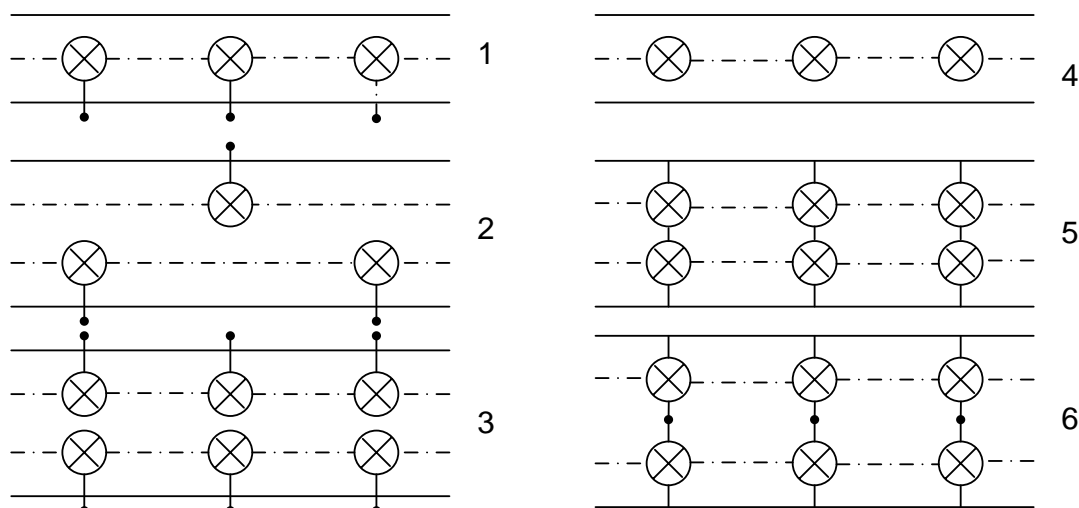


Рис.8 – Схема светильников в ОУ улиц и дорог. 1 – односторонняя; 2 – двухрядная в шахматном порядке; 3 – двухрядная прямоугольная; 4 – осевая; 5 – двухрядная прямоугольная по осям движения 6 – двухрядная прямоугольная по оси улицы.

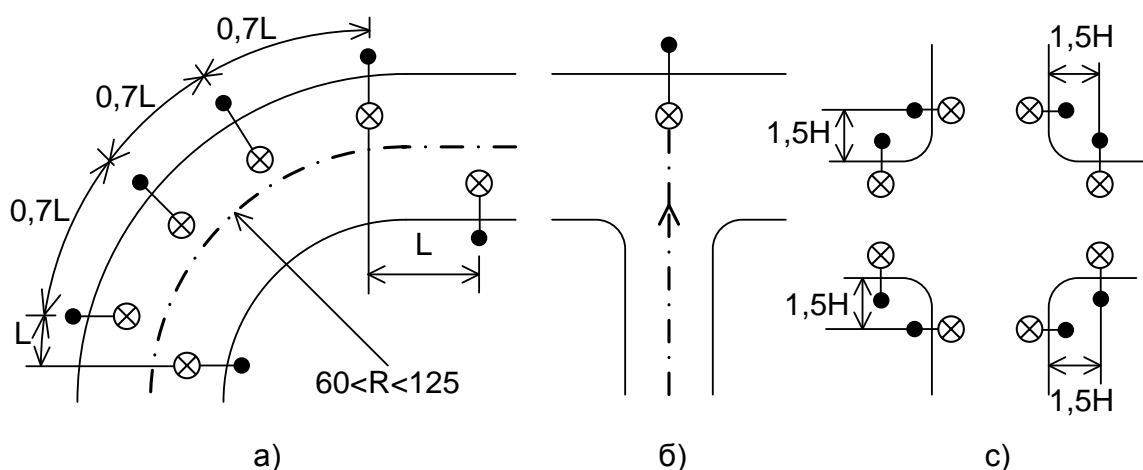


Рис. 9. Схема расположения светильников: а) на закруглении; б) на примыкании; в) на пересечении; H – высота установки светильников.

Схемы расположения светильников (фонарей) на магистралях промышленных предприятий должны соответствовать приведенным на рис. 8.

На закруглениях улиц с радиусом кривых в плане по оси проезжей части 60-125 м светильники при их одностороннем расположении должны размещаться по внешней стороне улицы в соответствии рис. 9а, освещение пересечений в одном уровне следует выполнять в соответствии со схемой рис. 9б, в.

Типы опор наружного освещения должны приниматься в соответствии с техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов.

Подвес светильников на улицах с воздушной электрической сетью общего назначения следует выполнять на опорах этой сети. При этом светильники должны располагаться ниже проводов этой сети или по другую сторону опоры; допускается устанавливать консольные светильники выше проводов указанной сети при условии, что расстояние в плане от края светильника до ближайшего провода не менее 0,6 м. Консольные светильники устанавливаются, как правило под углом 15° к горизонту.

Опоры должны располагаться на расстоянии не менее 0,6 м от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности цоколя опоры и не ближе 1,5 м от различного рода въездов.

6.3 Расчет шага фонарей или отдельных светильников при нормировании средней яркости.

Шаг фонарей или отдельных светильников рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{1}{\pi B_n b K_3} \sum_{i=1}^M \eta_{B_i} F_{\text{ли}} m_i ,$$

где L – шаг фонарей (светильников), м;

B_n – нормируемая средняя яркость, кд/м²;

K_3 – коэффициент запаса;

b – ширина проезжей части улицы или дороги, м;

M – количество рядов светильников вдоль освещаемой полосы.

Каждый ряд должен состоять из однотипных светильников;

η_{Bi} – коэффициент использования светильника по яркости i -го ряда;
 $F_{\text{ли}}$ – световой поток ламп светильника i -го ряда;
 m_i – число светильников фонаря, относящихся к i -му ряду

6.4 Расчет шага фонарей или отдельных светильников при нормировании средней освещенности.

Шаг фонарей (расстояние между опорами) или отдельных светильников рассчитывается по формуле.

$$L = \frac{1}{\pi E_{\text{н}} b K_3} \sum_{i=1}^M \eta_{Ei} F_{\text{ли}} m_i ,$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемая освещенность;

η_{Ei} – коэффициент использования по освещенности светильников i -го ряда.

Коэффициент использования типовых светильников по освещенности в направлении $\beta = 0^\circ$ и $\beta = 180^\circ$ приведены в таблицах [2,6,8,16].

6.5 Расчет показателей ослепленности.

Показатель ослепительности P определяется по формуле:

$$P = 570 a C_B \frac{\beta_{\Sigma}}{K_3 B_{\text{н}}} ,$$

где a – коэффициент неэквивалентности, равный: для ЛН – 1; для ЛЛ и ДРЛ – 1,3; для ДРИ – 1.1; для ламп ДНаТ – 0,9; K_3 – коэффициент запаса; $B_{\text{н}}$ – нормируемая средняя яркость, кд/м²; C_B – постоянный коэффициент, зависящий от яркости фона, определяется по графику рис. 11; β_{Σ} – суммарная яркость вуалирующей пелены, кд/м²:

$$\beta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^M \beta_i ;$$

M – число светильников; β_i – яркость вуалирующей пелены, создаваемой i -м рядом светильников.

Яркость вуалирующей пелены от каждого ряда светильников определяется для наблюдателя, находящегося на продольной линии посередине проезжей части данного направления движения, и рассчитывается по формуле:

$$\beta_i = \frac{m}{3300[(H-h)^2 + \Delta b_i^2]} [0,88(I_{75^0})_i + 0,82(I_{80^0})_i + 2,1(I_{85^0})_i + 1,55(I_{90^0})_i],$$

Где H – высота установки светильников, м; h – высота глаз наблюдателя над уровнем проезжей части, принимается равной 1,5 м; Δb_i – расстояние между линией i -го ряда светильников и средней продольной линией проезжей части данного направления движения; m – число светильников фонаря, относящихся к i -му ряду; $(I_{75^0})_i; (I_{80^0})_i; (I_{85^0})_i; (I_{90^0})_i$ – величина силы света светильников i -го ряда в плоскости $\beta=90^0$ соответственно под углами $\alpha=75, 80, 85$ и 90^0 , кд.

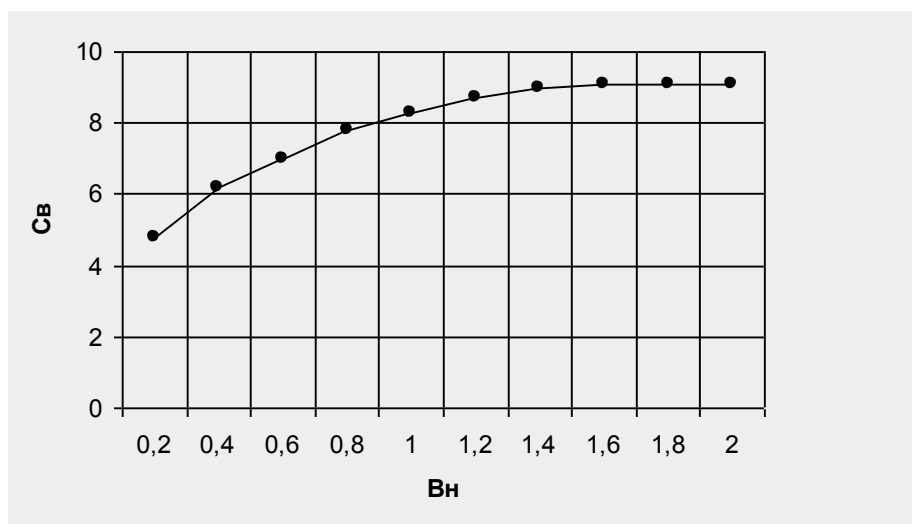


Рис.11. График зависимости постоянного коэффициента C_B для расчета показателя ослепленности от яркости фона B_H

6.6 Электрическая часть. Расчет сетей наружного напряжения по потере напряжения.

Значение расчетных потерь напряжения в сети (в процентах) при питании от трансформаторов различной мощности приведено в табл. 14.

Таблица 14

Мощность трансформатора, кВт·А	Расчетные потери в сети при коэффициенте мощности суммарной нагрузки			
	0,9	0,8	0,7	0,6
1	2	3	4	5
20	6	5,5	5,5	5,5
35	0,5			
60				
100				
1	2	3	4	5
20	6	5,5	5,5	5,5
35	0,5			
60				
100				
160				
250				
400	7	6,5	6,0	
630 и выше				

При определении расчетных потерь принято, что снижение напряжения у наиболее удаленных ламп равно 5% номинального напряжения ламп, а коэффициент загрузки трансформатора равен 0,9.

А. РАСЧЕТ СЕТИ ПРИ РАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ ФАЗ.

Расчет по потере напряжения производится по следующим формулам:

а) для однофазных и двухфазных линий, а также трехфазных линий с отдельным нулевым проводом:

$$S = \frac{\Sigma M}{C_{\Delta} U};$$

б) для трехфазных линий с использованием нулевого провода сети общего назначения:

$$S = \frac{\Sigma M}{C_{\Delta} U} \left(1 + \frac{aK}{\sqrt{P_{\text{н. осв.}}}} \right);$$

где S – сечение провода, мм²; $\sum M$ – сумма моментов нагрузки, кВт·м; ΔU – расчетная потеря напряжения, %; C – коэффициент, зависящий от напряжения сети, сечения нулевого провода и соотношения нагрузки общего пользования и наружного освещения; K – отношение нагрузок сети наружного освещения и сети общего пользования; $P_{\text{н.осв.}}$ – нагрузка сети наружного освещения, кВт.

Значения коэффициентов C , a и K приведены в табл. 15 и 16.

Таблица 15.

Напряжение сети, В	Число фаз в линии	Значение коэффициента C для медных и алюминиевых проводов			
		При отдельном нулевом проводе		При использовании нулевого провода сети общего назначения	
		алюминий	медь	алюминий	медь
380/220	3	46	77	46	77
	2	20	34	30	51
	1	7,7	12,8	15,3	25,6

Таблица 16

Соотношение нагрузок сети наружного освещения и сети общего пользования	Значение коэффициента a при соотношении сопротивлений нулевого и фазного проводов в сети 380/220 В	
	1:1	2:1
0,05	9,5	18,2
0,1	6,7	13
0,2	4,6	9,1
0,3	3,8	7,4
0,4	3,3	6,5
0,5	2,9	-
0,6	2,7	-
0,7	2,5	-
0,8	2,3	-
0,9	2,2	-
1,0	2,1	-

Приведенные в табл. 15 коэффициенты C определены без учета потери напряжения в общем нулевом проводе. Эти коэффициенты должны применяться только в случае симметрии нагрузки по фазам в общей системе

ме (нагрузки наружного освещения и сети общего пользования). При раздельном расчете сетей наружного освещения и для систем с отдельным нулевым проводом, если сечение нулевого провода сети общего пользования равно сечению фазовых проводов сети наружного освещения. При сечениях нулевого провода отличных от фазного, следует подставлять в формулу расчетный коэффициент C' , определяемый как произведение коэффициента C , найденного при отдельном нулевом проводе, на коэффициент l , находимый из кривых рис. 12.

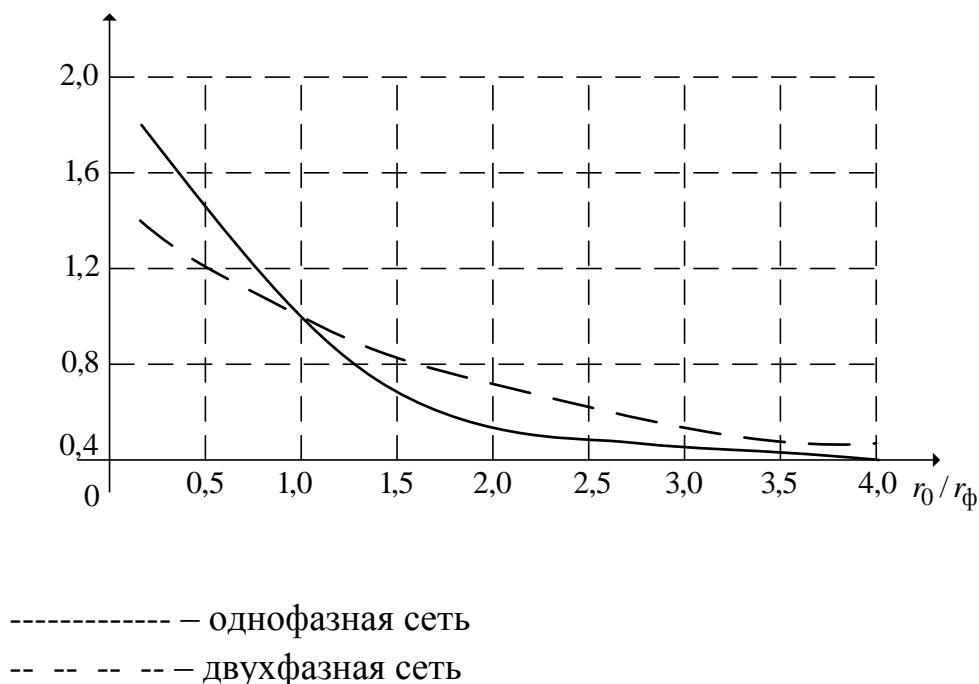


Рис.12. График для определения поправки l , учитывающей отличие сечения нулевого провода от сечения фазных проводов сети уличного освещения; r_0 / r_ϕ — отношение сопротивления нулевого провода к сопротивлению фазного.

Б. РАСЧЕТ СЕТИ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ ФАЗ

Расчет сечений фазных проводов с включением ламп на фазное напряжение производится по следующим формулам:

а) для трехфазной схемы с отдельным нулевым проводом (3 фазы + нуль):

$$S = \frac{3M}{C_{\Delta} U} (1 + K_{nc} mb);$$

б) для двух фазной схемы (2 фазы + нуль):

$$S = \frac{3M}{C_{\Delta}U} (1 + K_{\text{нс}}mb);$$

в) для трехфазной схемы с использованием нулевого провода сети общего пользования (3 фазы + общий нулевой провод):

$$S = \frac{3M}{C_{\Delta}U} \left(1 + \frac{aK_3}{\sqrt{P_{\text{н.осв.}}}} + K_{\text{нс}}mb\right);$$

где S – сечение фазного провода наружного освещения, мм²;

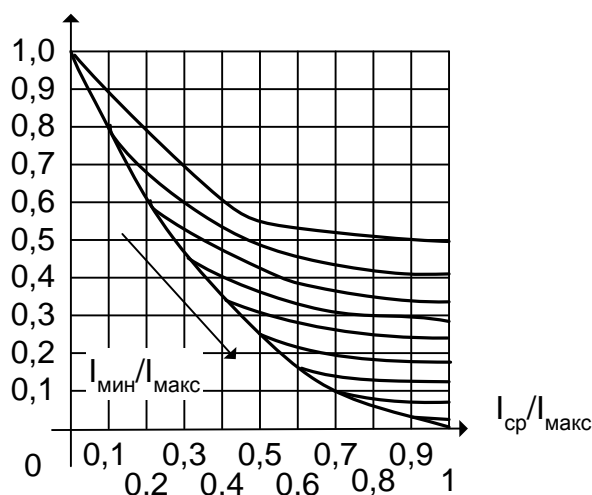


Рис.13. График для определения коэффициента несимметрии фазных нагрузок $K_{\text{нс}}$;

$I_{\text{мин}}$, $I_{\text{макс}}$, $I_{\text{ср}}$ – ток наименее, наиболее и средне нагруженной фазы.

M – сумма моментов нагрузок в максимально нагруженной фазе линии наружного освещения кВт·м;

m – соотношение сопротивлений нулевого и фазного проводов;

$P_{\text{н.осв.}}$ – нагрузка сети наружного освещения, кВт;

$K_{\text{нс}}$ – коэффициент не симметрии фазных нагрузок, определяемый из графика рис. 13.

b – коэффициент, зависящий от соотношения фазных нагрузок, определяемый по табл. 17.

Таблица 17

Число фаз в линии с напряжением 380/220 В	Соотношение нагрузок в фазах, %			Коэффициент b
	А	В	С	
1	2	3	4	5
3	100	0	0	1,0
	100	0	25	1,2
	100	0	50	1,3
	100	0	75	1,4
	100	0	100	1,0

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5
3	100	25	25	1,5
	100	25	50	1,6
3	100	25	75	1,7
	100	25	100	1,1
	100	50	50	2,0
	100	50	75	1,9
	100	50	100	1,2
	100	75	75	2,5
	100	75	100	1,3
2	100	0	-	1,0
	100	25	-	1,2
	100	50	-	1,3
	100	75	-	1,4
	100	100	-	1,0

6.7 Расчет сетей с газоразрядными лампами по потере напряжения.

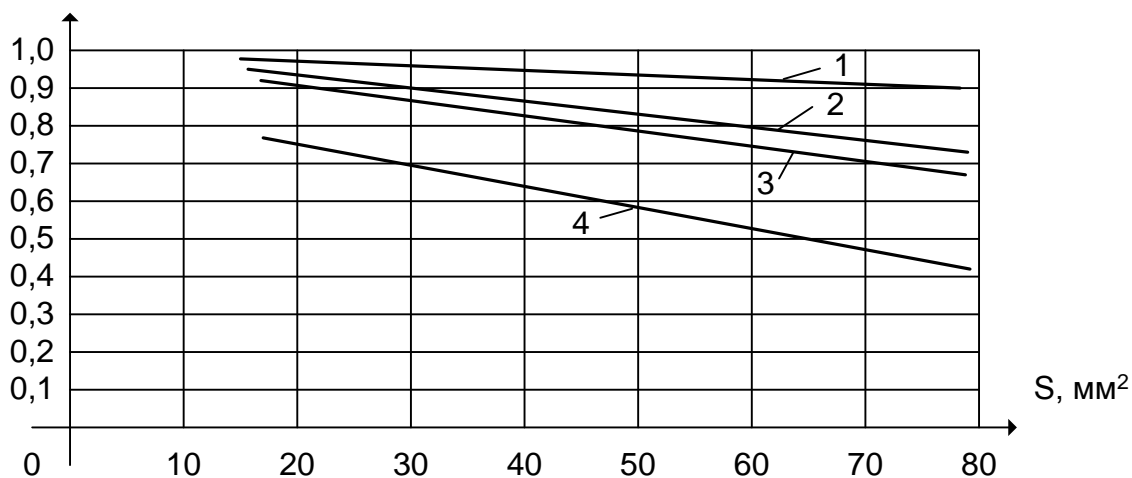


Рис. 14 Графики $\gamma = f(S)$: 1 – кабельная линия, $\cos\varphi=0,9$;
 2 – воздушная линия, $\cos\varphi=0,9$; кабельная линия, $\cos\varphi=0,5$;
 4 – воздушная линия, $\cos\varphi=0,5$.

Расчет, при отсутствии индивидуальной компенсации реактивной мощности, следует производить с учетом реактивного сопротивления – для воздушных линий при сечении провода 16 мм^2 и выше и для кабельных

линий при сечении 50 мм² и выше. Расчеты следует проводить по формулам параграфа 6.6, но вместо допустимой потери напряжения (ΔU , %) следует принимать допустимую величину падения напряжения ($\Delta U'$, %), учитывающую реактивные нагрузки и сопротивления и рассчитываемую по формуле:

$$\Delta U' = \gamma \Delta U,$$

где γ – коэффициент снижения допустимого значения потерь напряжения, учитывающий реактивные нагрузки и сопротивления, определяемые из графиков рис.14.

7. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Решение вопросов энергосбережения в системах наружного освещения при жесткой регламентации норм горизонтальной освещенности пешеходных переходов, тротуаров, площадей и яркости дорожного покрытия проезжих частей магистралей связано с правильным выбором методики светотехнического расчета и оправданным выбором осветительных установок (светильников) с соответствующими источниками излучения (лампами).

Расчет средней горизонтальной освещенности наружного освещения выполняется, как правило, точечным методом, поскольку методы удельной мощности не эффективны в экономическом смысле, так как дают завышенные результаты по мощности ламп светильников. Следует отметить также, что расчет освещенности точечным методом следует разделить на две независимые задачи:

- а) поверочный или рекомендательный расчет для существующей системы наружного освещения с целью её оптимизации по энергетическим и экономическим параметрам (использование современных ламп с большей световой отдачей и меньшей мощностью; переход на новый тип современных светильников, например, герметизированных с плоским стеклом и ударопрочным корпусом из композитных материалов ЖКУ 001-250);
- б) определение высоты установки светильников и расстояния между ними при выбранных типах ламп и светильников для вновь проектируемых или реконструируемых систем наружного освещения.

в) Расчетная формула точечного метода для горизонтальной освещенности имеет вид:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_3 H^2},$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток выбранной лампы, лм; K_3 – коэффициент запаса (по СНиП-23-05-95 для газоразрядных ламп равен 1.5); H – высота установки светильника; $\sum \varepsilon$ – суммарная относительная освещенность, лк, определяется по формуле:

$$\sum \varepsilon = \sum I_{ai} \cos^3 \left(\arctg \frac{d_i}{H} \right) \frac{H}{H_{li}},$$

где I_{a1} определяется либо по формулам приближённой аналитической аппроксимации для выбранного типа светильника из табл. 18 либо по известной КСС для вычисленного значения $\alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}$.

Если значения КСС заданы в виде таблицы, то берётся ближайшее значение $\alpha_i = a$ из таблицы и среднее $\alpha_i = 0,5(\alpha_i + \alpha_k)$, если значение α_i находится посередине между значениями α_i и α_k ; n – число учитываемых светильников.

Таблица 18

№	Обозначение	Аналитическое выражение КСС
1	2	3
1	ЖКУ 001-250	$I_{\alpha} = \frac{260 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
2	ЖКУ-01-400 -002-У1	$I_{\alpha} = \frac{180 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
3	ЖКУ-02-400-001-У1 РКУ-02-2.50-001-У1	$I_{\alpha} = \frac{150 \cos \alpha}{\cos[85^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
4	РКУ-01-250-009-У1 РКУ-01-400-010-У1	$I_{\alpha} = \frac{200 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$

Точка наихудшей освещенности выбирается по известной схеме расположения светильников изображенной на рис. 15.

На рис. 15 приняты обозначения:

d_i – расстояние по горизонтали от проекции i -светильника до контрольной точки (в общем случае не равно геометрическому расстоянию из-за возможного наклона оптической оси светильника);

L_1 и L_2 – соответственно расстояния между светильниками с одной и другой стороны магистрали;

N , M , K – точки наихудшей освещенности магистрали. Расчет начинают с вычисления кратчайшего расстояния от проекции i – условного светильника d_i до контрольной точки и условную высоту установки светильника и над плоскостью, повернутой на угол Θ .

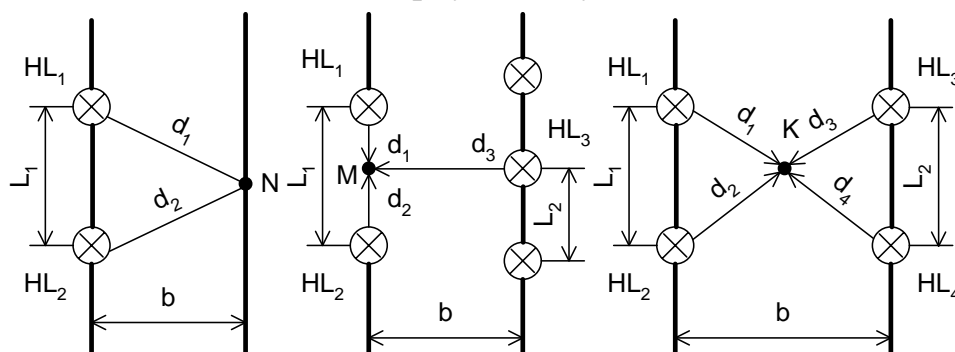


Рис. 15.

Для пояснения рассмотрим геометрические фигуры на рис.16, где консольный светильник расположен в точке M , на высоте h над поверхностью магистрали с отклонением оптической оси светильника от вертикали на угол Θ . Для расчета освещенности в точке A , через данную точку проводим наклонную плоскость под углом Θ к горизонту. Тогда из рассмотрения рис. 16.а отрезком CM , а расстояние d_i отрезками CB и AB из рассмотрения треугольников рис.16.в и 16.с.

Из рассмотрения рис.2.в можно получить выражения для определения вспомогательных параметров P_i и H_{li} для каждого конкретного светильника.

$$H_{li} = b_1^{(i)} \sin \theta + H \cos \theta;$$

$$CB = P_i = b_1^{(i)} \sin \theta - H \cos \theta;$$

где: $b_1^{(1)} = b$; $b_1^{(2)} = \frac{b}{2}$; $b_1^{(3)} = 0$; $b_1^{(4)} = b$ соответственно при располо-

жении контрольной точки по периметру прямоугольника, как это показано на рис.17.

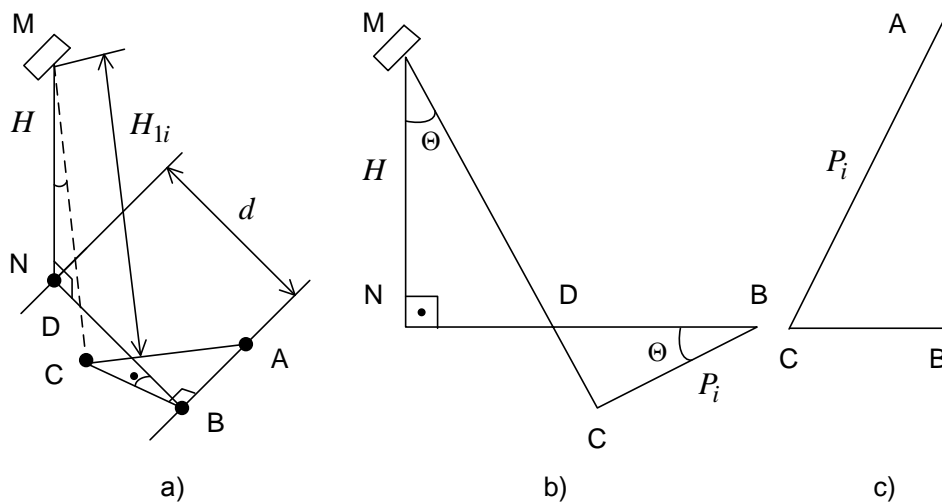


Рис. 16

Тогда из рис.2.с следует $d_i = \sqrt{AB^2 + P_i^2}$ или $d_i = \sqrt{(b_2)^2 + P_i^2}$ $b_2=0$ при расположении контрольной точки в точке (4) на рис.3 и $b_2 = L/2$ во всех остальных случаях расположение контрольных точек на рис.1 и рис. 3.

Относительную освещенность E_i каждого i -го светильника для известных отношений d_i / H и H / H_{1i} определим по формуле:

$$E_i = I_{ai} \cos^3(\arctg \frac{d_i}{H}) \frac{H}{H_{1i}}$$

где I_{ai} определяется по формуле приближенной аналитической аппроксимации КСС для светильника, для вычисленного значения $\alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}$.

После этого вычисляем суммарную относительную освещенность всех учитываемых светильников для конкретной контрольной точки

$$\sum E = \sum_{i=1}^n E_i$$

где n – число светильников ($n=2$ для схемы рис.1.а; $n=3$ для схемы

рис.1.в и $n=4$ для схемы рис.1.с).

Горизонтальная освещенность в контрольной точке определяется по формуле:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_3 H^2},$$

где: $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток выбранной лампы, лм;

K_3 – коэффициент запаса (по ВСН и СНиП для газоразрядных ламп принимается равным 1,5).

Сравнить полученные значения E с нормированным $E_{\text{н}}$ и если $E < E_{\text{н}}$, то следует уточнить световой поток лампы:

По результатам расчета выбирается лампа, значение светового потока которой близко к расчетному в пределах от -10 до +20%

Численные примеры расчета горизонтальной освещенности по изложенной выше методике для схем расположения светильников по рис.1 приведены ниже.

Пример 9. Рассчитать горизонтальную освещенность дорожного покрытия консольными светильниками установленными под углом $\Theta=15^\circ$ к горизонту на высоте $H=10$ м над уровнем покрытия. Ширина проезжей части $b=12$ м; расстояние между светильниками $L=30$ м. Светильник типа ЖКУ-001-250 с лампой SON-E-250 (номинальный поток $\Phi_{\text{л}}=28000$ лм); коэффициент запаса $K_3=1,5$. КСС светильника аппроксимируется выражением:

$$I_{\alpha} = \frac{260 \cos \alpha}{\cos[75^\circ \sin^{1,5}(1,2\alpha)]},$$

$$\text{где } \alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}.$$

Расчет приведем для типовых схем расположения светильников, показанных на рис. 1

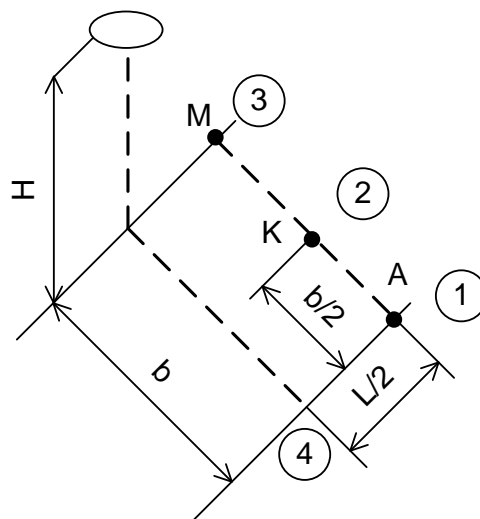


Рис. 17

А) Для схемы расположения светильников по рис.1.а

$$P_{1,2} = b \cos \theta - H \sin \theta = 12 \cos 15^\circ - 10 \sin 15^\circ = 9,00292 \text{ (м)}$$

$$H_{1,2} = b \sin \theta + H \cos \theta = 12 \sin 15^\circ + 10 \cos 15^\circ = 12,765087 \text{ (м)}$$

$$d_i = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + P_i^2} = \sqrt{15^2 + 9,00292^2} = 17,494358 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = I_{2i} \cdot \cos^3 \left(\arctg \frac{d_i}{H} \right) \cdot \frac{H}{H_{1,2}} =$$

$$= I_{40^\circ} \cdot \cos^3 \left(\arctg \frac{17,494358}{10} \right) \cdot \frac{10}{12,765087} =$$

$$= 310 \cdot \cos^3 (\arctg 1,7494358) \cdot 0,78338674 = 29,68 \text{ (лк)}$$

$$\sum \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \text{ (лк)}$$

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_3 H^2} = \frac{28000 \cdot 59,36}{1000 \cdot 1,5 \cdot 100} = 11,08 \text{ лк}$$

В) Для схемы расположения светильников по рис.1.в

$$P_{1,2} = H \sin \theta = -10 \sin 15^\circ = -2,5881903 \text{ (м)}$$

$$P_3 = b \cos \theta - H \sin \theta = 12 \cos 15^\circ - 10 \sin 15^\circ = 9,00292 \text{ (м)}$$

$$H_3 = b \sin \theta + H \cos \theta = 12 \sin 15^\circ + 10 \cos 15^\circ = 12,765087 \text{ (м)}$$

$$H_{1,2} = H \cos \theta = 10 \cos 15^\circ = 9,6592582 \text{ (м)}$$

$$d_{1,2} = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + P_{1,2}^2} = \sqrt{(-2,5881903)^2 + 15^2} = 15,2216 \text{ (м)}$$

$$d_3 = \sqrt{(b_2)^2 + P_3^2} = 5,00292 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 335 \cdot \cos^3 56,7^\circ \cdot \frac{10}{9,659} = 57,39692 \text{ (лк)}$$

$$\sum \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 211,245 \text{ (лк)}$$

$$E = \frac{28000 \cdot 211,245}{1000 \cdot 1,5 \cdot 100} = 39,43 \text{ лк}$$

С) Для схемы расположения светильников по схеме рис.1.с.

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{b}{2} \cos \theta - H \sin \theta = 6 \cos 15^\circ - 10 \sin 15^\circ = 3,2073646 \text{ (м)}$$

$$H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = \frac{b}{2} \sin \theta + H \cos \theta = 6 \sin 15^\circ + 10 \cos 15^\circ = 11,212172 \text{ (м)}$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + P_1^2} = \sqrt{(15)^2 + (3,207)^2} = 15,339 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 360 \cdot \cos^3 56,9^\circ \cdot \frac{10}{11,212172} = 55,197 \text{ (лк)}$$

$$\sum \varepsilon = 4\varepsilon_1 = 59,36 \text{ (лк)}$$

$$E = \frac{28000 \cdot 4 \cdot 55,16}{1000 \cdot 1,5 \cdot 100} = 41,213 \text{ лк.}$$

Если полученное значение освещенности E отличается от нормированной E_n , то следует уточнить световой поток лампы и выбрать подходящую по мощности и световому потоку.

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_{\text{з}} H^2}$$

При известных значениях коэффициентов использования светильника по яркости U_L и по освещенности U_E , типа покрытия и отношения ширины проезжей части улицы (b) к высоте подвеса светильника (H) значения средней яркости покрытия $L_{\text{ср}}$ может быть получено умножением значения средней освещенности на коэффициент пересчета $K_{\text{п}}$:

$$L_{\text{ср}} = E_{\text{ср}} K_{\text{п}} = E_{\text{ср}} \cdot \frac{U_1}{\pi U_E} \text{ (кд/м}^2\text{)},$$

$$\text{где } K_{\text{п}} = \frac{U_1}{\pi U_E}.$$

Поскольку выше определялась наименьшая освещенность, то по её значению можно определить минимальную яркость покрытия:

$$L_{\text{ср}} = E_{\text{ср}} \cdot \frac{U_1}{\pi U_E} \text{ (кд/м}^2\text{)}.$$

Отметим, что коэффициенты использования консольного светильника U_L и U_E должны учитывать угол наклона светильника к горизонту.

8. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

8.1. Коэффициент пульсации.

Коэффициенты пульсации светового потока источников света $K_{п.н.}$ и освещенности $K_{п.}$ на рабочих местах определяются по формуле:

$$K_{п.н.} = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{2\Phi_{\text{ср}}}; K_{п.} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}},$$

где Φ_{\max} , Φ_{\min} , $\Phi_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значение светового потока за период колебания; E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебания.

Ограничение значений $K_{п.н.}$ и $K_{п.}$ может быть достигнуто применением специальных схем включения источников света в светильнике или расфазированием светильников в осветительной установке. Зависимость $K_{п.н.}$ и $K_{п.}$ от упомянутых факторов приведена в табл.19.

Таблица 19.

Типы лампы (ЛЛ и ГЛВД)	Значения $K_{п.н.}$, % от			
	одной лампы	установленных в одной световой точке		
		Двух ламп при схеме питания отстающим и опережающим током	Двух ламп, питаемых от разных фаз	Трех ламп, питаемых от разных фаз
ЛБ, ЛТБ	25	10,5	10	2,2
ЛХБ	35	15	15	3,1
ЛДЦ	40	17	17	3,5
ЛД	55	23	23	5,0
ДРЛ	65	--	32	5,2
ДРИ (двухкомпонентные)	45	--	23	3,5
ДНаТ	80	--	39,5	6,3
ДКаТ	130	--	65	5,0

Ограничение коэффициента пульсации освещенности $K_{п.}$ на рабочих местах достигается:

1. В двух- и четырехламповых светильниках с ЛЛ применением компенсированных пускорегулирующих аппаратов (ПРА), когда питание одной половины ламп в светильнике осуществляется отстающим током, а другой половины опережающим (светильники с расщепленной фазой).

2. Поочередным присоединением соседних светильников в ряду или соседних рядов к различным фазам сети.

3. Установкой в одной световой точке двух или трех светильников с ГЛВД типов ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, присоединенных к разным фазам сети.

4. Питанием различных ламп в многоламповых светильниках с ЛЛ от разных фаз сети.

Зависимость нормированного значения $K_{п.}$, % от количества светильников в световой точке, подключенных к разным фазам приведена в табл.20.

Таблица 20

Тип ГЛВД	Количество светильников в световой точке, подключенных к разным фазам	Нормированное значение $K_{п.}$, %, не более			
		10	15	20	30
ДРЛ	2	-	-	-	+
	3	+	+	+	+
ДРЛ (двухкомпонентные)	2	-	-	-	+
	3	+	+	+	+
ДНаТ	2	-	-	-	-
	3	+	+	+	+

Условия, при которых соблюдаются нормированные значения коэффициента пульсации освещенности, отмечены в табл. 20 знаком «+».

Для вычисления $K_{п.}$ в той точке расположения рабочих мест, где упомянутый коэффициент пульсации освещенности имеет максимальное значение, сначала отдельно определяются относительные освещенности, создаваемые светильниками, питаемые от каждой из трех фаз. Наибольшее из полученных значений принимается за 100 %, а остальные выражаются в долях от него. Соответственно полученным долям по табл. 21 и табл. 22,

соответственно для ОУ с ЛЛ и ОУ с ГЛВД, определяется $K_{п.табл}$, которое представляет собой пульсацию освещенности в ОУ, если лампы имеют условный $K_{п.н.}=100\%$.

Коэффициент пульсации в ОУ с источником света, реальная пульсация светового потока которого $K_{п.н.} \neq 100\%$ определяется по формуле:

$$K_{п.} = \frac{K_{п.н.} \cdot K_{п.табл}}{100\%}.$$

Таблица 21.

Освещенность от лампы треть- ей фазы, %	Значение $K_{п.табл}$ в ОУ с ЛЛ при освещенности от лампы второй фазы, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0	42,3	45	48,0	51,2	54,5	59,9	64,9	71,5	79,3	88,5	100
10	37,4	39,4	41,8	44,9	47,8	52,3	56,9	62,6	69,0	77,1	-
20	32,3	34,4	36,8	39,4	41,5	45,2	49,5	54,8	68,8	-	-
30	27,8	30,0	32,3	34,8	36,9	40,2	44,2	48,8	-	-	-
40	23,4	25,9	27,9	30,2	32,6	35,4	39,2	-	-	-	-
50	19,8	23,2	24,2	26,3	28,5	31,4	-	-	-	-	-
60	17,2	19,2	21,2	23,4	25,7	-	-	-	-	-	-
70	14,8	16,6	18,4	20,9	-	-	-	-	-	-	-
80	12,4	14,2	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-
90	10,4	12,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 22.

Освещенность от лампы треть- ей фазы, %	Значение $K_{п.табл}$ в ОУ с ГЛВД при освещенности от лампы второй фазы, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	49,9	50,3	50,9	52,4	53,9	56,5	61,0	67,1	74,2	88,5	100
10	40,0	40,5	41,0	41,5	43,0	46,0	51,0	56,0	62,5	69,9	-
20	33,3	33,5	34,0	35,3	37,1	39,5	43,1	48,4	55,5	-	-
30	28,1	28,3	28,6	29,2	30,4	31,9	35,4	41,6	-	-	-
40	22,8	23,0	23,5	24,5	26,0	28,1	31,0	-	-	-	-

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	18,0	18,4	19,4	20,5	22,4	24,5	-	-	-	-	-
60	15,0	15,2	15,5	16,5	19,6	-	-	-	-	-	-
70	11,6	12,0	12,6	13,7	-	-	-	-	-	-	-
80	9,3	9,7	10,6	-	-	-	-	-	-	-	-
90	8,8	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	7,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Пример 10. Помещение освещается одноламповыми светильниками с ГЛВД типа ДНаТ, включенными поочередно в три фазы ($K_{п.н.}=80\%$ по табл.19). Определить $K_{п.}$ в расчетной точке ОУ, если лампы, включенные в разные фазы питающей сети, создают в этой точке соответственно освещенности 3000, 1200 и 600 лк.

Решение. Принимая наибольшее значение (3000 лк) за 100%, выразим остальные освещенности в процентах от наибольшего, что составит: 100; 40 и 20%. По табл.22 находим для источника света с $K_{п.н.}=100\%$ значение $K_{п.табл}=43,1\%$. Тогда коэффициент пульсации освещенности в ОУ с ГЛВД типа ДНаТ находим из соотношения:

$$K_{п.} = \frac{K_{п.н.} \cdot K_{п.табл}}{100\%} = \frac{80\% \cdot 43,1\%}{100\%} = 34,48\% .$$

8.2. Цилиндрическая освещенность.

Цилиндрическая освещенность $E_{ц}$ есть средняя плотность светового потока на боковой поверхности вертикально расположенного цилиндра, размеры которого стремятся к нулю.

При расчете цилиндрической освещенности инженерными методами значение $E_{ц}$ определяется на расстоянии 1 м от торцевой стены на центральной продольной оси помещения на высоте 1,5 м от пола. При этом принимаются следующие допущения:

1. Ограждающие поверхности помещения (пол, потолок, стены) принимаются диффузными, равно яркими по всей поверхности.

2. Светильники заменяются равнояркой поверхностью, каждый элемент которой имеет светораспределение, соответствующее светораспределению светильника.

3. Светораспределение светильника аппроксимируется формулой:

$$I_{\alpha} = I_0 \cos^m \alpha,$$

где I_0 – сила света в направлении вертикали; I_{α} – сила света под углом α с вертикалью.

Значение m определяется по формуле: $m = \frac{2\pi I_0}{\Phi_{\text{У}}} - 1$, где $\Phi_{\text{У}}$ – световой

поток светильника в нижнюю полусферу, равный для светильников прямого света 1000 лм.

В инженерных методах расчета цилиндрической освещенности используются графики зависимости отношения средней горизонтальной освещенности $E_{\text{Г}}$ к цилиндрической освещенности $E_{\text{ц}}$ от индекса помещения $i_{\text{п}}$, построенные для светильников с различным светораспределением. При этом индекс помещения определяется по расчетной высоте светильника, т.е. по высоте расположения светильника над расчетной плотностью, на которой нормирована горизонтальная освещенность.

Графики для расчета цилиндрической освещенности показаны на рис.18 для различных сочетаний коэффициентов отражения стен и пола помещения и с учетом коэффициента запаса.

На всех графиках:

$$1 - \rho_{\text{с}}=0,3; \rho_{\text{р}}=0,1;$$

$$2 - \rho_{\text{с}}=\rho_{\text{р}}=0,3;$$

$$3 - \rho_{\text{с}}=0,5; \rho_{\text{р}}=0,1;$$

$$4 - \rho_{\text{с}}=0,5; \rho_{\text{р}}=0,3.$$

Отметим, что инженерный метод расчета цилиндрической освещенности справедлив для случаев, когда световой поток в верхнюю полусферу менее 15% от потока в нижнюю полусферу.

Пример 11. Для помещения размером 32x20 м, высотой 7,6м на потолке установлены светильники ЖСП-49-400-003 прямого света, имеющие к.п.д. 78% и силу света $I_0=6960$ кд, определить на какую горизонтальную освещенность должно быть рассчитано освещение помещения, чтобы по-

лучить цилиндрическую освещенность $E_{\text{ц}}=150$ лк. Коэффициенты отражения стен и пола соответственно равны 0,5 и 0,3.

Для данного светильника значение коэффициента m равно:

$$m = \frac{2\pi I_0}{\Phi_{\text{ц}}} - 1 = \frac{2\pi I_0}{1000 \cdot \eta_{\text{св}}} - 1 = \frac{2\pi \cdot 6960}{1000 \cdot 0,78} - 1 = 55.$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{32 \cdot 20}{7,6(32+20)} = 1,6.$$

Из графиков рис.17,2 определяем отношение $\frac{E_{\text{г}}}{E_{\text{ц}}} \cong 2,04$.

Следовательно $E_{\text{г}} = 2,04 \cdot E_{\text{ц}} = 2,04 \cdot 150 = 306$ лк.

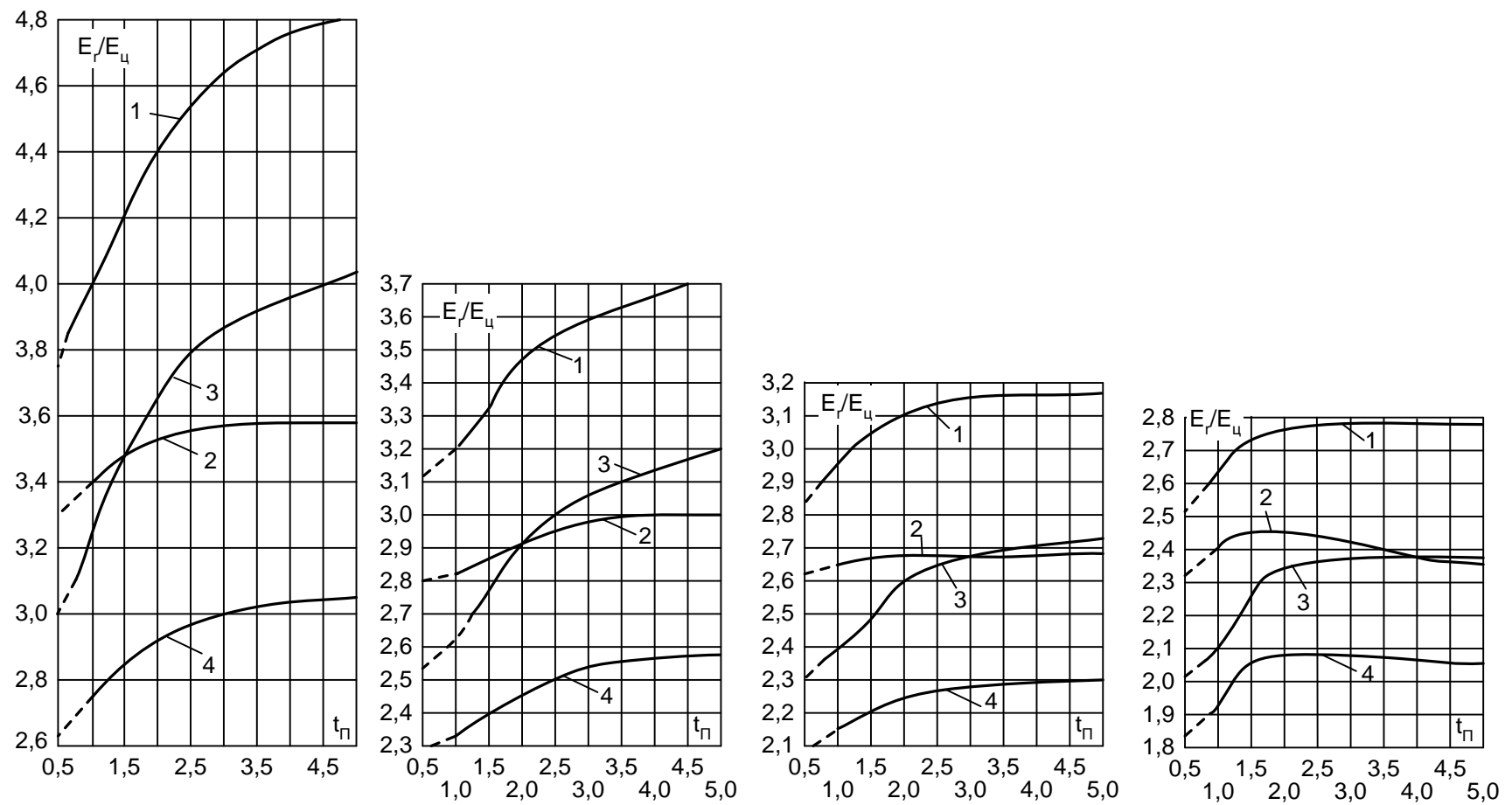


Рис.18. Графики для расчета цилиндрической освещенности:

а) $m=1$; б) $m=1.43$; в) $m=2$; г) $m=3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехнический справочник/Под ред. И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоиздат, 1982. Раздел: Электрическое освещение. – 560 с.
2. Справочная книга по светотехнике/ под редакцией Ю. Б. Айземберга. – М.: Энергоиздат. 1995. – 528 с.
3. Лебедева С. И., Матвеев А. В., Петров В. И. Инженерные методы расчета светотехнических параметров осветительных установок. – М.: Москв. энерг. Ин-т, 1984. – 180с.
4. Гутаров М. М. Основы светотехники и источники света: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Энергоиздат, 1983. – 384 с.
5. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1981. – 288 с.
6. Освещение открытых пространств/Н.В. Велоцкий М.С. Дадюмов, Л.Д. Николаева и др. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1981, – 232 с.
7. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. – Л.: Энергия. 1973. – 200 с.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга. – М.: Энергия, 1976. – 384 с.
9. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 48с.
10. ВСН 59-88. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирование. – М.: Стройиздат, 1990. – 88 с.

11. Методические указания к расчетно-лабораторным работам по дисциплины «Электрическое освещение». – Владимир, ВлГУ. Составители Колесник Г.П., Бухарова О.Д., – 2002. – 45с.

12. Г.П. Колесник. Электрическое освещение. Учебное пособие. Владимир, ВлГУ – 2002. – 98 с.

13. Правила устройства электроустановок. – М: Энергоиздат, 2000, – 640 с.

14. Фугенфиров М.И. Электрические схемы с газоразрядными лампами. М.: Энергия, 1974. – 368с.

15. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Под редакцией Н. И. Белоруссова. – 5 изд., перераб. и доп.– М.: Энергоиздат, 1988. – 536 с.; ил.

16. ВСН-22-75. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов. – М.: Стройиздат, 1976. – 50с.; ил.

17. Кнорринг Г.М., Фадин Н.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – С-Пб.: Энергоиздат, 1992. – 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Номенклатура источников света

Таблица П1-1

Тип	Цоколь	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	$T_{ц}$, К	Ra	Средний срок службы, ч	Фирма изготовитель, страна
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лампы накаливания общего назначения (220 В)								
Б 230-240-25	Е 27	25	210	8,4			1000	ЛИСМА (Саранск) Россия
Б 230-240-40	Е 27	40	430	10,7				
Б 230-240-60	Е 27	60	710	12				
Б 230-240-100	Е 27	100	1370	13,7				
Б 230-240-150	Е 27	150	2150	14,3				
Б 230-240-200	Е 27	200	3000	15				
Б 230-240-300	Е 27, Е 40	300	4800	16				
Б 230-240-500	Е 40	500	8400	16,8				
Б 230-240-750	Е 40	750	13000	17,3				
Низковольтная ЛН для светильников местного освещения (12, 24, 36 В)								
МО 12-40	Е 27	40	620	15,5			1000	Россия
МО 24-40	Е 27	40	600	15				
МО 36-40	Е 27	40	580	14,5				
МО 36-60	Е 27	60	950	15,8				
МО 36-100	Е 27	100	1550	15,5				

Продолжение таблицы П1-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Линейные люминесцентные лампы								
ЛБ-18	G 13	18	1060	58,8	3450	65/70	10000	Россия
ЛБ-20		20	1060	58,8	3450		10000	
ЛБ-20-2		20	1060	58,8	3450		10000	
ЛБ-30		30	2020	67	3450		10000	
ЛБ-40		40	2800	70	3450		10000	
ЛБ-40-2		40	2800	70	3450		10000	
ЛБ-65		65	4600	70,8	3450		12000	
ЛБ-80		80	5200	65	6400		12000	
ЛД-20-2		20	880	44	6400		12000	
ЛД-40-2		40	2300	57,5	6400		12000	
ЛД-65-2		65	3750	57,5	6400		12000	
ЛД-80-2		80	4250	53	6400		12000	
TL'5 35W/835HE	G 5	35	3650	104	3500	285	20000	Philips Гол- ландия
TL'5 54W/835HO	G 5	54	5000	92	3500	285	20000	
TL'D 30W/33	G 13	30	2300	76,6	4100	63	10000	
TL'D 58W/33	G 13	58	4600	79	4100	63	10000	
L36W/11-860 Plus Eco	G 13	36	3250		6000	85	>20000	OSRAM Германия
L58W/11-860 Plus Eco	G 13	58	5000		6000	85	>20000	
Дуговые ртутные лампы высокого давления с люминофором (ДРЛ)								

Продолжение таблицы П1-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДРЛ-125	Е 27	125	6300	50,4	4000	42	12000	Россия
ДРЛ-250	Е 27	250	13500	54	4000	42	12000	
ДРЛ-400	Е 27	400	24000	60	4000	42	15000	
ДРЛ-700	Е 27	700	41000	58,5	4000	42	20000	
ДРЛ-1000	Е 27	1000	59000	59	4000	42	18000	
HPL-N 250W	Е 40	250	12700	50,8	4100	40	15000	Philips Голландия
HPL-N 400W	Е 40	400	22000	55	3900	40	15000	
Металлогалогенные лампы (типа ДРИ)								
ДРИ-250-5	Е 40	250	19000	76	4200	65	10000	Россия
ДРИ-400-5	Е 40	400	36000	90	4200	65	10000	
ДРИ-700-5	Е 40	700	60000	85,7	4200	65	9000	
ДРИ-1000-5	Е 40	1000	103000	103	4200	65	9000	
ДРИ-1000-6	Е 40	1000	103000	100	4200	65	3000	
ДРИ-2000-6	Е 40	2000	200000	100	4200	65	2000	
ДРИ-3500-6	Е 40	3500	350000	100	4200	65	1500	
HPI-T 250W	Е 40	250	17000		4600	65		Philips Гол- ландия
HPI-T-400W	Е 40	400	30500		4500	65		
HPI-T-1000W	Е 40	1000	82000		4300	65		
HPI-T-2000W 220V	Е 40	2000	189000		4900	65		
HPI-T-2000W 380V	Е 40	2000	183000		4300	65		
Ртутно-вольфрамовые лампы								

Продолжение таблицы П1-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ML-100 230/240 V	E 27	100	1100		3050	60	6000	Philips Гол- ландия
ML 160 230/240 V	E 27	160	3100		3500	60	6000	
ML 250 230/240 V	E 27	250	5700		3550	60	6000	
ML 500 230/240 V	E 27	500	13000		3750	50	6000	
Натриевые лампы высокого давления (типа ДНаТ)								
ДНаТ-250-5	E 40	250	24000				≥12000	Россия
ДНаТ-400-5	E 40	250	48000					
ДНаЗ-70	E 27	70	5000					
ДНаЗ-100	E 27	100	98000					
ДНаЗ-150	Ex40	150	14000					
ДНаЗ-250	Ex40	250	26000					
ДНаТ-100	E 40	100	95000					
ДНаТ-150	E 40	150	15000					
SON-T-70W	E 27	70	6000	85,7	1950	23	≥24000	Philips Голландия
SON-T 150W	E 27	150	15000	100	1950			
SON-T 250W	E 40	250	28000	112	1950			
SON 70 E	E 27	70	5600	80	1950			
SON 150 E	E 40	150	14500	96,7	1950			
SON 250 E	E 40	250	27000	108	1950			
SPX ECO ARC 98 W	E 27	98	7400	75,5	2000	23	≥24000	SILVANIA Германия
SPX ECO ARC 190 W	E 40	190	17000	89,5	2000			
SPX ECO ARC 295 W	E 40	295	32000	108,5	2000			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Требования к освещению промышленных предприятий

Таблица П2-1

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин: показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, ен, %		КЕО, ен, %	
						По системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	P	$K_{п}, \%$	при верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
всего	в том числе от общего													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	менее 0,15	I	а	малый	темный	5000	500	---	20	10	-----	-----	6,0	2,0
						4500	500	---	10	10				
			б	малый средний	средний темный	4000	400	1250	20	10				
						3500	400	1000	10	10				

Продолжение таблицы П2-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1500 1250	200 200	400 300	20 10	10 10				
Очень высокой точно- сти	от 0,15 до 0,30	II	а	малый	темный	4000 3500	400 400	--- ---	20 10	10 10	-----	-----	4,2	1,5
			б	малый средний	средний темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	от 0,30 до 0,50	III	а	малый	темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	-----	-----	3,0	1,2

Продолжение таблицы П2-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
			б	малый средний	средний темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	св. 0,5 до 1,0	IV	а	малый	темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	малый средний	средний темный	500	200	200	40	20				
Средней точности	св. 0,5 до 1,0	IV	в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	-----	-----	200	40	20				
Малой точности	св. 1 до 5	V	а	малый	темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6

Продолжение таблицы П2-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
			б	малый средний	средний темный	-----	----	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	----	----	200	40	20				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	----	----	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		---	---	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	более 0,5	VII		То же		---	---	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса постоянное	---	VIII	а	То же		---	---	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Продолжение таблицы П2-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
периодическое при постоянном пребыва- нии людей в помеще- нии			б	То же		---	---	75	---	---	1	0,3	0,7	0,2
Периодическое при периодическом пре- бывании людей			в	То же		---	---	50	---	---	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными комму- никациями			г	То же		---	---	20	---	---	0,3	0,1	0,2	0,1

Примечания:

1. Для подразряда норм от Ia до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в графах 7-11.

2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разделы зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении этого расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать в соответствии с прил. Б. Для протяженных объектов различения эквивалентный размер выбирается по приложению В.

3. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:

- а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
 - б) на одну ступень при системе общего освещения для разрядов I-V, VI;
 - в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.
4. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».
5. Показатель ослепленности регламентируется в графе 9 только для общего освещения (при любой системе освещения).
6. Коэффициент пульсации указан в графе 9 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения. $K_{\text{л}}$ от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20%.
7. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I-III, IVа, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации.
8. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по графе 3 и должно быть не менее 1,0%.

Рекомендации по выбору коэффициента запаса.

Таблица П2-2

Помещения и территории	Примеры помещений	Искусственное освещение				Естественное освещение			
		Количество чисток светильников в год				Количество чисток светильников в год			
		Эксплуатационная группа светильников по приложению Г				Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы			
		1-4	5-6	7	0-15	16-45	46-75	76-90	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:									
а) св. 5 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов	<u>2,0</u> 18	<u>1,7</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>2,0</u> 4	<u>1,8</u> 4	<u>1,7</u> 4	<u>1,5</u> 4	
б) от 1 до 5 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Цехи кузнечные, литейные, сборного железобетона	<u>1,8</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>1,6</u> 2	<u>1,8</u> 3	<u>1,6</u> 3	<u>1,5</u> 3	<u>1,4</u> 3	
в) менее 1 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	<u>1,5</u> 4	<u>1,4</u> 2	<u>1,4</u> 1	<u>1,6</u> 2	<u>1,6</u> 2	<u>1,4</u> 2	<u>1,3</u> 2	

Продолжение П2-2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей а также обладающих большой корродирующей способностью	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза	$\frac{1,8}{6}$	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,7}{3}$	$\frac{1,5}{3}$
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников:								
а) с технического этажа		$\frac{1,3}{4}$	----	----	----	----	----	----
б) снизу из помещения		$\frac{1,4}{2}$	----	----	----	----	----	----
3. Помещение общественных и жилых зданий:								

Продолжение П2-2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
а) пыльные, жаркие и сырые	Горячие цехи предприятий общественного питания, охлаждаемые камеры, помещения для приготовления растворов в прачечных, душевые и т.д.	$\frac{1,7}{2}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,7}{3}$	$\frac{1,6}{3}$
б) с нормальными условиями среды	Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, торговые залы и т.д.	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,4}{1}$	$\frac{1,4}{1}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,3}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
4. Территории с воздушной средой, содержащей:								
а) большое количество пыли (более 1 мг/м³)	Территория металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог	$\frac{1,5}{4}$	$\frac{1,5}{4}$	$\frac{1,5}{4}$	----	----	----	----
б) малое количество пыли (менее 1 мг/м³)	Территории промышленных предприятий, кроме указанных в подпункте «а» и общественных зданий	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,5}{2}$	----	----	----	----
Населенные пункты								

Продолжение П2-2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары, пешеходные тоннели, фасады зданий, памятники	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,5}{1}$	----	----	----	----
	Транспортные тоннели	----	$\frac{1,7}{2}$	----	----	----	----	----

Примечание:

1. Значение коэффициента запаса, указанные в графах 6, 7, 8, 9 следует умножать на 1,1 – при применении узорчатого стекла, стеклопластика, армопленки и матированного стекла; на 0,9 – при применении органического стекла.

2. Значения коэффициента запаса, указанные в графах 3, 4, 5, приведены для разрядных источников света. При использовании ламп накаливания их следует умножать на 0,85.

3. Значение коэффициента запаса, указанные в графе 3 следует снижать при односменной работе по поз. 1б, 1г – на 0,2, по поз. 1а – на 0,1; при двухсменной работе – по поз. 1б, 1г. – на 0,15.

Требования к наружному освещению

Таблица П2-3

Категория объекта по освещению	Улицы, дороги и площади	Наибольшая интенсивность движения в обоих направлениях транспортных дорог	Средняя яркость покрытия, кг/м ²	Средняя горизонтальная освещенность покрытия, лк
А	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	св 3000	1,6	20
		св 1000 до 3000	1,2	20
		от 500 до 1000	0,8	15
Б	Магистральные улицы районного значения	св 3000	1,0	15
		св 1000 до 3000	0,8	15
		от 500 до 1000	0,6	10
		менее 500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения	500 и более	0,4	6
		менее 500	0,3	4
		одиночные автомобили	0,2	4

Нормы освещенности и качественные показатели освещения отделений литейных заводов и цехов при освещенности ГЛ'.

Таблица П2-4

Отделение, участок, рабочая операция	Рабочая поверхность	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность при системе общего освещения	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации освещенности(7), %, не более
1	2	3	4	5	6
Шихтовый двор и склад формовочных материалов					
Погрузка и разгрузка материалов: механизированная, немеханизированная	Пол >>	VI VIIIб	150 50	60 ---	20 ---
Скрапоразделочные участки	>>	VIIIa	50	60	20
Участок взвешивания грузов	Шкала весов	IVб	200	40	20
Смесеподготовительное отделение					
Установки для сушки и просевки песка, глиномялки, шаровые мельницы и пр.	0,8 м от пола	VI	150	60	30
Участок приготовления крепителей	то же	IVб	200	40	20
Участок помола угля и его хранение	>>	VI	150	60	30
Смесеприготовительное отделение					
Бегуны	0,8 м от пола	VI+1 ²	200	60	20

Продолжение таблицы П2-4

1	2	3	4	5	6
Дезинтеграторы, сита и пр.	то же	VI	150	60	20
Транспортеры:					
для подачи и распределения смеси	транс-портер	VIIIa	75	60	20
для подачи использованной смеси (в туннелях)	>>	VIIIб	50	-----	-----
Участок приготовления глиняной суспензии и литейной краски	0,8 м от пола	IVб	200	40	20
Стержневое и формовочное отделения					
Изготовление форм и стержней II и III классов точности(3)	То же	IIIб	300	40	20/15
Изготовление форм и стержней I класса точности (по выполняемым моделям, в металлические формы, в оболочковые формы)(4)	>>	IIб	750	20	20/10
Заливка форм жидким металлом	>>	IIIв	300	40	20
Плавильно-заливочное отделение					
Загрузка вагранок, заливка металла в ковши, пути перемещения форм с залитым металлом	Пол	VII	200	40	20

Продолжение таблицы П2-4

1	2	3	4	5	6
Дезинтеграторы, сита и пр.	то же	VI	150	60	20
Транспортеры:					
Рабочая площадка фурменного пояса	>>	IVб+1 ²	300	40	20
Отделение выбивки					
Механическая выбивка из опок форм и стержней	0,8 м от пола	VI	150	60	20
Ручная выбивка из опок форм и стержней	Пол	VI+1 ²	200	60	20
Отделение обрубки и очистки литья					
Первичная обрубка и очистка литья (обрезка литников и прибылей пилами, обрубка пригаров, шпилек и т.д. отбойными молотками и зубилами)	Поверхность литья	Va	200	40	20
Вторичная обработка литья: переносными и шлифовальными приспособлениями	То же	IIIб	300	40	15
на стационарных металлообрабатывающих станках ³	>>	IIIб	300	40	20/15
Очистка отливок в дробеструйных гидropескоструйных камерах и голтовочных барабанах	0,8 м от пола	VI	150	40	120

Продолжение таблицы П2-4

1	2	3	4	5	6
Дезинтеграторы, сита и пр.	то же	VI	150	60	20
Транспортеры:					
ОТК крупного, мелкого и среднего литья(5)	Пол	IIIб+1(6)	400	40	20/15
Отделение грунтовки и окраски литья					
Зачистка поверхности, грунтовка, окраска	Обрабатываемая поверхность	IVб	200	40	20

1. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещения:
 - а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
 - б) на одну ступень при системе общего освещения для разрядов II-V, VII, при этом освещенность не должна превышать 300 лк;
 - в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.
2. Освещенность повышена на одну ступень по шкале освещенности из-за повышенной опасности травматизма.
3. При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 1000 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 150 лк.
4. При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 3000 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 300 лк.

5. При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 1250 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 150 лк.

6. Освещенность повышена на одну ступень из-за непрерывности зрительной работы (в течение половины рабочего дня).

7. В числителе – максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе – для местного освещения и для системы общего освещения. При отсутствии дроби значение $K_{\text{л}}$ относится к обеим системам освещения.

Минимальные освещенности механических и инструментальных цехов при освещении газоразрядными лампами

Таблица П2-5

Цех, участок, рабочая операция, оборудование	Рабочая поверхность	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность при комбинированном освещении, лк	
			Общем и местном	Общем
1	2	3	4	5
Механические цеха серийного выпуска деталей				
Общая освещенность цеха				300
Металлообрабатывающие станки, слесарные и граверные работы	Место обработки деталей	Пв	2000 1500 ¹	200

Продолжение таблицы П2-5

1	2	3	4	5
Разметочные плиты и контроль	Плита, стол	Пв+1 ²	2500 2000 ¹	300
Прецизионные металлообрабатывающие станки, расположенные в отдельных помещениях	Место обработки деталей	Ів	2500 2000 ¹	300
Механические цеха опытного выпуска деталей и ремонтно-механические				
Общий уровень освещенности цеха				400
Металлорежущие станки, слесарные и лекальные работы, разметочные плиты и контроль	Место обработки деталей	Пв+1 ²	2500 2000 ¹	300
Инструментальные и механические цеха инструментальной промышленности				
Общий уровень освещенности цеха				500
Металлорежущие станки, слесарные и лекальные работы, разметочные плиты и контроль	Место обработки деталей	Ів	2500 2000 ¹	300
Измерительные лаборатории (визуальный и инструментальный контроль калибров, концевых мер и инструмента)	Изделие, измерительный инструмент	Пв+1 ²	2500 2000 ¹	300

1. Освещенность понижена на одну ступень при использовании для местного освещения ЛН.
2. Освещенность повышена на одну ступень ввиду большой продолжительности зрительной работы (более половины рабочего дня).

Примеры норм освещенности и качественных показателей¹ освещения для сборочных цехов различных отраслей промышленности (освещение ГЛ)

Таблица П2-6

Цех, участок, рабочая операция	Рабочая по- верхность	Плоскость в которой нор- мируется ос- вещенность (Г – гори- зонт., В – вертик.)	Разряд зрительной работы	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослеп- ленности не более	Коэффициент пульсации, %, не более
				Комбинированное освещение		Общее ос- вещение		
				общее + ме- стное	общее			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сборочные цеха станкостроения ³								
Участок сборки	Сборочные единицы	Г, В	IIIб	1000	150	----	40	20/15
Общий монтаж станков	Станок	В	IIIб	----	----	300	40	15
Сборка инструмента	Стол	Г	Iв	2500	300	----	20	20/10
Сборочные цеха машиностроения (4)								
Сборка крупных изделий	Изделие	Г	IVа	750	150	300	40	20
Сборка крупных изделий на конвейерах	>>	Г	IVа+1 (5)	1000	150	300	40	20
Сборка мелких изделий	>>	Г	IIIа	2000	200	300	40	15
Сборочные цеха приборостроения (4)								
Участки предварительной узло- вой сборки с проверкой качест- ва и доводкой	Изделие	Г	Iб	4000	400	----	20	10
Участки чистовой сборки	>>	Г	Iб+1 (6)	5000	500	----	20	10

Продолжение таблицы П2-6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сборочные цеха электромашиностроения (4)								
Сборка коллектора, контактных колец, траверс и др.	Изделие	Г, В	Шб	1000	150	300	40	15
Сборка сердечников гидро- и турбогенераторов	>>	Г	IVa	750	150	300	40	20
Укладка обмоток ротора, статора	Поверхность пазов	Г, В	Шб	1000	150	300	40	20
Сборочные цеха электроламповых заводов (4)								
Сборка цоколей для люминесцентных ламп	Карусель	Г	IVб	500	150	----	40	20
Сборка люминесцентных ламп (монтаж ножек)	Стол	Г	IIб	3000	300	----	40	20/10
Укладка спирали, откачка и наполнение, надевание цоколей	Оборудование	Г, В	Шб	1000	150	300	40	20/15
Сборочные цеха светотехнических заводов (4)								
Сборка светильников	Рабочий стол конвейер	Г	Шб	1000	150	300	40	20/15
Сборка ПРА	То же	Г	IVб	500	150	200	40	20
Сборка ЭУ	Конвейер	Г	IIIa	2000	200	500	40	20/15
Сборочные цеха заводов по производству низковольтной аппаратуры и комплектных устройств (7)								
Предварительная сборка и сборка окончательная	Стол, изделие	Г, В	Шб+1 (6)	1250	150	400	20	20/10
Сборочные цеха других электротехнических производств (4)								

Продолжение таблицы П2-6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сборка трансформаторов:								
I-III габаритов	Сборочный стол	В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
IV-VI габаритов	Стеллаж	В	IVб	500	150	200	40	20/15
Ручная сборка блоков, батарей химических источников тока при размерах объекта различения, мм:								
0,5-1	Стол	Г	IVб	500	150		40	20
0,3-0,5	>>	Г	IIIб	1000	150		40	20/15
0,15-0,3	>>	Г	IIIб	3000	300		20	20/10
менее 0,15	>>	Г	IIIб	4000	400		20	20/10
Сборочные цеха деревообрабатывающих заводов (8)								
Участки сборок дверных коробок и оконных блоков	Дверное полотно, створка	Г	IVв			200	40	20
Визуальный контроль сборки	Стол	Г	IIIг+1 (6)	500	150	300	40	20/15
Комплектовка и контрольная сборка мебели	Изделие	Г	IVб, в			200	40	20
Сборка лыж	Стол	Г	Ivв+1 (9)	500	150	200	40	20

Коэффициент неравномерности регламентируется в соответствии с п. 4.9 (44).

1. В числителе – максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе – для местного освещения и для системы общего освещения.
2. Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 500лк.
3. Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 300лк.
4. Нормированная освещенность повышена на одну ступень, так как объекты различения расположены на движущихся поверхностях.
5. Нормированная освещенность повышена на одну ступень, так как напряженная зрительная работа проводится непрерывно в течение более половины рабочего дня.
6. Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 400лк.
7. Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 200лк.
8. Норма освещенности повышена на одну ступень из-за расположения объектов различения на расстоянии 0,5-1 м от глаз работающего.

Нормируемые показатели осветительных установок гальванических цехов.

Таблица П2-7

Цех, участок, рабочая операция, оборудование	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности P , не более	Коэффициент пульсации K_n , %, не более
				Комбинированное освещение		Общее освещение		
				Общее + местное	Общее			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продолжение таблицы П2-7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общий уровень освещенности по цеху	0,8 м от пола	Горизонтальная	IVб+1 ¹	-----	300	300	---	---
Ванны (травление, мойка, металлопокрытие), автоматические линии металлопокрытий	То же	То же		-----	-----	300	40	20
Измерительные приборы	Шкала	Плоскость расположения шкалы	IVг	300	150	150	40	20
Шлифовальные или полировальные станки	Обрабатываемое изделие	Горизонтальная	Пв	2000	300 ²		20	20/10
Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий	То же	То же	Пв	2000	300		20	20/10

1. Освещенность повышена на одну ступень из-за опасности травматизма

2. Освещенность от общего освещения нормируется по разряду IIIв. Светильники местного освещения должны иметь рассеиватели. При яркости рассеивателя в пределах 2500-4500 кд/м² обеспечение указанной освещенности не обязательно.

3. В числителе – значение K_{Π} для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе – для местного освещения и для системы общего освещения.

Примечание: Коэффициент неравномерности освещенности на рабочих местах не должен превышать 2 при использовании ОП с ГЛВД и 1,5 – при ОП с ЛЛ.

Рекомендуемые освещенности и показатели качества освещения для основных помещений и участков окрасочных цехов.

Таблица П2-8

Наименование помещений и производственных процессов	Класс лакокрасочных покрытий	Разряд зрительной работы (44)	Освещенность, лк		Показатель ослепленности	Коэффициент пульсации, %	Поверхность нормирования освещенности
			При комбинированном освещении	При общем освещении			
1	2	3	4	5	6	7	8
Склады и кладовые лакокрасочных материалов и ЛВЖ.	-----	VIIIa	-----	30	-----	-----	-----
Краскозаготовительные отделения	I – VII	IVб	500	200	40	20	Горизонтальная на уровне 0,8 м от пола
Подготовка изделий для окраски (зачистка поверхностей, шпаклевка, грунтовка)	I, II, III, IV, V, VI, VII	IIIб	1000	300	40	15	Горизонт. и вертикал. поверхности окрашиваемых изделий
		IVб	500	200	40	20	
		Vб	-----	150	40	20	
		VI	-----	150	60	20	
Окрасочные отделения и участки при бескамерной окраске распылением или кистевой (окраска, нанесение надписей и изображений)	I II, III, IV, V, VI, VII	IIб	3000	750	20	10	То же
		IIIб	1000	300	40	15	
		IVб	500	200	40	20	
		Vб	-----	150	40	20	

Продолжение таблицы П2-8

1	2	3	4	5	6	7	8
Окрасочные отделения и участки при окраске в камерах или закрытых установках для окраски окунанием и струйным обливанием	I – VII	VIIIa	-----	75	60	20	В проходах между камерами и установками на уровне пола

Примечания:

1. При выполнении в общих помещениях подготовительных и окрасочных работ (без постоянного закрепления рабочих мест) следует принимать освещенности, рекомендуемые для окрасочных отделений.
2. Для специально выделенных рабочих мест контроля качества освещенности необходимо принимать на одну ступень выше норм, установленных для бескамерной окраски распылением или кистевой окраски.
3. Внутреннее освещение окрасочных камер предусматривается их конструкцией (освещенность в таблице не указана).
4. Стационарное общее освещение внутри сушильных камер не требуется.
5. Для ремонта и осмотра оборудования окрасочных и сушильных камер требуется переносное освещение.
6. Значения освещенности приведены для ГЛ (при использовании ЛН освещенность следует снижать в соответствии с примечанием 5 к табл. 1 СНиП II-4-79 (44)). Для складов и кладовых лакокрасочных материалов и ЛВЖ значения освещенности даны для ламп накаливания.
7. Освещенность, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10 % нормируемой для комбинированного освещения (в соответствии с п. 48 СНиП II-4-79 (44)).

8. Значения коэффициента пульсации освещенности даны для системы общего освещения (при системе комбинированного освещения их следует принимать по табл. 12 СНиП II-4-79 (44)).

Нормы освещенности общепромышленных производств

Таблица П2-9

Наименование помещения	Расположение рабочей поверхности, ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы (44)	Нормированная освещенность при системе общего освещения, лк	
			При ГЛ	При ЛН
1	2	3	4	5
Складские здания общего назначения				
Склады громоздких предметов и сыпучих материалов (песок, лес, цемент и др.). Склады емкостей химических и легковоспламеняющихся жидкостей (кислот, щелочей, лаков, красок и др.):	Г-0	-----	50	20
с разливом в складе	Г-0	VIIIa	75	30
без разлива в складе	Г-0	VIIIб	50	20
Инструментальные, материальные склады и т.п.	Г-0	VIIIa	75	30
Хранилища в складах, оборудованных кранами-штабелерами:	Г-0	-----	50	20
при неавтоматизированных кранах-штабелерах				
при автоматизированных кранах-штабелерах	Г-0	-----	30	10
Экспедиции приема и выдачи грузов	Г-0	Vб	150	100
Сортировка и комплектация грузов	Г-0	IVб	200	150
Завозная кладовая	Г-0	-----	50	20

Продолжение таблицы П2-9

1	2	3	4	5
вне здания	Г-0	XII	5	5
в здании	Г-0	-----	50	20
Автогаражи				
ения ремонтного и технического обслуживания	Г-0	Va	200*	150
ровые канавы	Г-низ машины	VI	150	75
ойки и уборки автомобилей	Г-0 и В-на ма- шине	VI	150	75
тая стоянка автомобилей	Г-0	VIIIб	50	20
тая стоянка автомобилей	Г-0	XII	5	5
ное отделение	Г-0,8	Va	200*	150
ое отделение	Г-0,8	Va	200*	150
ения: агрегатно-механическое, ремонта топливной аппаратуры (карбюраторное)	Г-0,8	IVa	300*	200
вое отделение (кузнечно-рессорный, медницко-радиаторный участки)	Г-0,8	IVб	200*	150
ремонтное и шиномонтажное отделения	Г-0	Va	200	150
Депо электропогрузчиков и электрокар				
ка (с зарядкой) электропогрузчиков и электрокар	Г-0	VI-1	100	50
ение зарядных агрегатов	Г-0,8	VI	150	75
ение для ремонта электропогрузчиков и электрокар	Г-0	IVб	200*	150
ровые канавы	Г-низ машин	VI	150	75
олитная, дестильная	Г-0,8	VI	150	75
Телефонные станции и радиоузлы предприятий				

Продолжение таблицы П2-9

1	2	3	4	5
ммулаторной ручной связи:				
уровень освещенности в помещении	Г-0,8	-----	200	150
гатор	В	IVб	200(500**)	150(500**)
ы	В	IVб-1	150	100
атический зал УАТС:				
уровень освещенности в помещении	Г-0,8	-----	200	150
ы	В	IVб	200	150
я выяснения и устранения повреждений в аппаратуре	Г-0,8	IIIв	300(750**)	200(600**)
ровочная мастерская, мастерская ремонта аппаратуры:				
уровень освещенности в помещении	Г-0,8	-----	200	150
ах ремонта и регулировки аппаратуры	Г-0,8	IIIб	1000**	750**
ение чистки и пайки приборов:				
уровень освещенности в помещении	Г-0,8	-----	200	150
ах чистки и пайки	Г-0,8	IIIв	750**	600**
овая	В-на кроссах	IVб	150	100
торная (выпрямительная):				
уровень освещенности в помещении	Г-0,8	-----	150	100
стойки выпрямителей	В	IIIг-1	150	100
	В-на кабельных устройствах	VI-I	100	50
узел	Г-0,8	IIIг	200	150

Продолжение таблицы П2-9

1	2	3	4	5
атная	Г-0,8 и В-на щитах, шкафах, стойках	ПГ-1	150	100

* Для отдельных рабочих мест (станков, верстаков) предусматривается местное освещение (дополнительное к общему).

** При комбинированном освещении.

Нормы освещенности, показатели качества общего освещения, рекомендуемые ИС и СП для некоторых цехов завода черной металлургии. Таблица П2-10

Цех, отделение, участок	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г-гориз., В-вертик.)	Разряд зрительной работы (44)	Норма освещенности, лк, для ламп		Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Характеристика помещения по условиям среды	Источник света	Коэффициент запаса	Световые приборы общего освещения		
				газоразрядных	накаливания						Эксплуатационная группа по табл. 5.8.	Степень защиты по табл. 5.8.	Характерные типы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Доменные цеха													
Бункерская эстакада:													
верхние ж/д пути	Пути	Г	XII	5	5	---	---	----	ЛН, ДРЛ	1,5	---	---	ПКН, ПЗР
подбункерское помещение	Пол	Г	VIIIб	50	20	---	---	Сырое, пыльное	ЛН	1,5	4	5'3	НСП21
Скиповая яма	>>	Г	VIIIб	50	20	---	---	То же	ЛН	1,5	5,6	IP54	НСП02, НСП03, НСП04
Литейный двор	>>	Г	VIII	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСИ13 ЖСП01

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ковшовый пролет	пол	Г	VIIIa	75	30	60	20	То же	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Депо чугуновозов	пол	Г	VIIIa	75	30	60	20	пыльное	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Сталеплавные цеха													
Миксерное отделение:													
пути подвоза чугуна	Пол	Г	VIIIб	50	20	---	---	Жаркое пыльное	ДРЛ ДРЛ	2,0	3	5'3,5'4	РСП13
места заливки и слива чугуна	Ковш и гор- ловина мик- сера	Г,В	VII	200	150	60	20	То же	ДРЛ ДНaT	2,0	3	5'3,5'4 5'0	РСП13 ЖСП01
Мартеновский цех													
Печной, разливочные пролеты	Пол	Г	VII	200	150	40	20	>>	ДРЛ	2,0	3	5'3,5'4	РСП13
низ мартеновской печи	>>	Г	VIIIa	75	30	80	20	пыльное	ДРЛ ДРИ	1,8	2,3	5'3 5'0	РСП08 ЖСП20
Склады скрапа, слитков	>>	Г	VIIIб	50	20	---	---	>>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Ремонт, подготовка из- ложниц, стриперное отделение	>>	Г	VI	150	75	60	20	>>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Конвертный цех:													
загрузочный, конвер- терный, разливочный пролеты, пролеты под	ковши, кон- вертер из- ложницы	Г, В	VII	200	150	60	20	жаркое пыльное	ДРЛ ДРИ ДНaT	2,0	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСП13 ГСП10 ЖСП01

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
рабочей площадкой ж/д. пути, пролеты под разливочной площад- кой	пол	Г	VIIIб	50	20	---	---	пыльное	ЛН	1,7	4	5'3	НСП21
Электросталплавный цех, печной пролет	пол, загрузочные окна	Г, В	VII	200	150	60	20	Жаркое пыльное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСП13 ГСП10 ЖСП01
Цеха горячего проката													
Нагревательные колод- цы	Пол	Г	VII	200	150	40	20	То же	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСП13 ГСП10 ЖСП01
Печи непрерывного действия:													
толкатели, форсунки,	>>	Г	VI	150	75	60	20	>> *	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
окна загрузки, выгрузки	стенка печи	В	VII	200	150	40	20	>> >>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Адьюстаж заготовок	Пол	Г	IIб	750	300	20	10	пыльное	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Прокатные станы:													
пролет стана	>>	Г	IVб	200	150	40	20	жаркое пыльное	ДРЛ	2,0	3	5'3,5'4	РСП13
клетки	валки	В	VII	200	150	40	20	То же	ДРЛ	2,0	3	5'3,5'4	РСП13
моталки непрерывных листовых станов	зона заправ- ки ленты	Г	VII	200	150	60	20	>>	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСП13 ГСП10 ЖСП01

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Холодильники	Стеллажи	Г	VII	200	150	40	20	жаркое сы- рое	ДРЛ	2,0	3	5'3,5'4	РСП13
Ножницы, пилы, прес- сы резки:													
горячей	Металл	Г	VII	200	150	40	20	пыльное	ЛРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
холодной	>>	Г	Va+1	200	150	40	20	>>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Отделение контроля и отделки листа и сорто- вого проката	>>	Г	IIIб	300	200	40	15	>>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Цели холодного проката листа													
Агрегаты непрерывного травления	Лента	Г	Va	200	150	40	20	Сырое Химически активное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	1,8	3	5'3,5'4 5'0,5'3	РСП13
Прокатные станы:													
пролет стана	Пол	Г	IVб	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
клетки	Валки	В	IVв	150	100	40	20	>>	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Маслоподвалы	Пол	Г	VI-I	100	50	60	20	сырое	ДРЛ	1,8	2,3	5'3,5'4	РСП08
Агрегаты резки	Столы	Г	IVб	200	150	40	20	пыльное	ДРЛ	1,8	3	5'3,5'4	РСП13
Агрегаты непрерывного отжига:													
зона осмотра поверхно- сти	Лента	В	IVa+1	400	300	40	20	>>	ЛН	1,5	5,6	IP54	НСП02 НСП03 НСП04

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
площадка устройства очистки металла:													
верхняя	Лента	Г	VI	150	75	60	20	>>	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
нижняя	Вентили за- движки	В	VIIIa	75	30	80	20	>>	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
верхние площадки на- копителей	Оборудова- ние	Г	VIIIб	50	20	---	---	>>					НСП02 НСП03
Башенные печи:													
нижние и верхние пло- щадки приводных ро- ликов	То же	Г	Vв-1	100	75	60	20	пыльное жаркое	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
	Пол	Г	VIIIб	55	20	---	---	То же	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
средние площадки под печами	>>	Г	VIIIб	50	20	---	---	>> >>	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
Отделения отделки и упаковки:													
столы контроля листов	стол	Г	Iб	1250*	---	20	15	пыльное	ЛН	1,6	2,3	IP20	ЛСП02
столы подачи, места упаковки листов	пол	Г	Vв	105	100	40	20	>>	ДРЛ	1,6	3	5'3, 5'4	РСП13
Склад пакетов листов	>>	Г	VI	150	75	60	20	>>	ДРЛ	1,6	3	5'3, 5'4	РСП13

* Освещенность создается общим и дополнительным локализованным освещением.

Нормы освещенности и показатели качества освещения некоторых помещений химической и нефтехимической промышленности

Таблица П2-11

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирования освещенности (Г – гориз., В – вертик.), её высота от пола, м	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность в системе общего освещения, лк	Показатель ослепленности не более	Коэффициент пульсации %, не более
1	2	3	4	5	6
Машинные залы насосных, компрессорные	Г-0,8	VI	150	60	20
Помещения холодильников, абсорбиров, скрубберов, змеевиков	Г-0,8	VIIIa	75	80	20
Площадки обслуживания	В – на поверхности оборудования, на запорной и регулирующей арматуре	VI	100*	80	20
Ремонтные площадки (зоны)	Пол	VI	150	60	20
Основные проходы	>>	VIIIб	50	-----	-----
Пункты регулирования и переключения	>>	VI	100*	80	20
Помещения для приборов контроля, автоматизации, газоанализаторов, плотномеров:					

Продолжение таблицы П2-11

1	2	3	4	5	6
на фасаде щита приборов	В-1,5	IVв	200	40	20
задняя сторона щита приборов	В-1,5	VI	100*	80	20
Экспресс-лаборатории					15
Весовые	Г-0,8	IIIв	300	40	15
Помещения для хранения реактивов, проб	В-1	VГ	100	60	20
Помещение газоспасательной службы:					
комната дежурных	Г-0,8	Vб	150	60	20
комната отдыха	Г-0,8	-----	150	40	15
Склады емкостей химических и легко-воспламеняющихся жидкостей:					
с разливом на складе	Пол	VIIIa	30**	80	20
без разлива на складе	>>	VIIIб	20**	-----	-----
Склады химикалий	>>	VIIIб	20**	-----	-----
Наружные установки:					
оборудование на площадках, этажерках	Г-0,8	XI	10	-----	-----
сырьевые, товарные и промежуточные	Г-на емкостях, горловинах	XII	5	-----	-----
склады химикатов и легковоспламеняющихся жидкостей, нефти, мазута	Г-на мостиках, проходах, ступенях	(44, табл. 17 п.4)	3	-----	-----
Предохранительные и дыхательные	На оборудовании	XI	10	-----	-----

Продолжение таблицы П2-11

1	2	3	4	5	6
клапаны, запорная и регулирующая арматура					
Замерные люки и устройства места отбора проб и дренажа	То же	X	30	----	----
Сливно-наливные эстакады: на горловине цистерны и пульте управления	>>	XI	10	----	----
на площадке обслуживания	Пол	XII	5	----	----
на проходе	>>	(44, табл. 17 п.4)	3	----	----
Нефтеловушки, отстойные пруды	На уровне поверхности	XIII	2	----	----

* Освещенность уменьшена на одну ступень.

** При использовании ламп накаливания.

Примеры норм освещенности и качественных показателей** освещения ряда электротехнических производств (при освещении ГЛ)

Таблица П2-12

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г –гори зонт., В –вертик.) высота от пола, м.	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность, лк, при		Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более**	
			комбинированном освещении				общем освещении
			общее и местное	общее			
1	2	3	4	5	6	7	8
Электромашиностроительное производство							
Изготовление сердечников	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Участок штамповки	Г,В	IVб	500	150	200	40	20
Изготовление изоляционного материала и деталей	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Изготовление обмоток:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	20	20
участок намотки катушечных групп	Г,В	Пв	2000	200	-----	20	20/10
участок изоляции секций	Г,В	IIIб	1000	200	-----	40	20/15
Изготовление коллекторов	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
Сборка контактных колец	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
Укладка обмотки:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
участок укладки	Г,В	IIIб	1000	150	-----	40	20/15
участки пропитки и компаундирования	Г	Vб	-----	-----	150	40	20
участок заливки алюминием	Г	VII	-----	-----	200	40	20
Сборочный:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
участки узловой сборки	Г	IIIб	1000	150	300	40	20/15

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8
участки генеральной сборки	Г,В	Шб	----	----	300	40	15
испытательная станция	Г	Шб	----	----	200	40	20
Молярно-отделочный	Г-0,8	----	----	----	300	40	20
Производство высоковольтной аппаратуры							
Штамповочно-сварочный	Г-0,8	----	----	----	300	40	20
Механообработочный	Г-0,8	----	----	----	300	40	20
механические и слесарные участки	Г	Пв,Ша	2000	300	----	20	20/15
Механосборочные:	Г-0,8	----	----	----	300	40	20
участки конвейерной сборки	Г	Шв+1	1250	150	400	40	20/15
участки напольной сборки	В	Шб	1000	150	300	40	20/15
участки намотки	В	Шб+1	1250	150	400	40	20/15
участки пропитки, заливки	Г	VI	----	----	150	60	20
Производство силовых трансформаторов							
Механический	Г-0,8	----	----	----	300	40	20
на рабочих местах	Г,В	Пв	2000	300	----	20	20/10
Сварочный	В	Шб	----	----	300	40	20
Штамповочный	Г	IVб	----	----	200	40	20
Магнитопроводов:	Г-0,8	----	----	----	200	40	20
участок раскроя	Г	Vб+1	----	----	200	40	20
участок сборки пакетов магнитопро- вода	Г,В	Шб	1000	150	300	20	20/15
контроль магнитопровода	Г,В	Шб+1	1250	150	400	20	20/15

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8
Изготовление изоляции:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
участок механической обработки	Г	IVб	500	150	-----	40	20
участок изготовления обмоток	Г	IIIб	1000	150	300	40	20
намотка катушек	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
участок пропитки, сушки	Г	VI	-----	-----	150	60	20
Механосборочный:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20/15
сборка трансформаторов I-III габаритов	В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
сборка малых трансформаторов	Г	IIв	2000	200	500	40	20/15
отделка и контроль трансформаторов	Любая	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
испытательная станция	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15
Производство низковольтной аппаратуры							
Заготовительный	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Штамповочный	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Механический	Г-0,8	-----	-----	-----	300	20	20
Сварочный	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
Гальванический	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
Намоточно-пропиточный:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
участок заготовки изоляции	Г	Vб+1	-----	-----	200	40	20
участок намотки	Г, В	IIIб+1	1250	150	300	20	20/10
участок пропитки и сушки	Г	VI	-----	-----	150	60	20
Переработка пластмасс:	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
участок таблетирования	Г	Va	-----	-----	200	40	20

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8
прессовый	Г	IVa	750	150	300	40	20/15
литьевое отделение	Г	IVa	-----	-----	300	40	20
Слесарно-сборочный:	Г-0,8	-----	-----	-----	400	40	20
участок узловой сборки	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
участок окончательной сборки и регулировки	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
Производство комплектных устройств							
Заготовительно-сварочный	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Сборочный:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
узловая сборка	В	IVб+1	750	150	300	40	20
общая сборка	В	IVб+1	750	150	300	40	20
испытательная станция	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15
Производство источников света							
Составной	Г-0,8	-----	-----	-----	150	40	20
отделение обработки сырья и смешительное	Г	IVб	-----	-----	200	40	20
Стекольный:	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
отделение варки стекла	Г	VII	-----	-----	200	60	40
стеклозаготовительное (выработка)	Г	IVa	-----	-----	300	40	20
Кварцевого стекла:	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
обработка кварцевого стекла	Г	IVв	-----	-----	200	40	20
перетяжка блоков в трубы	Г	IVa	-----	-----	300	40	20
Керамический	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8
Технохимический	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
Электродно-спиральный:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	20	20
участок перемотки на шпули	Г,В	IIIa	2000	200	-----	40	20/15
участок спирализации	Г	Iв	3000	300	-----	20	20/10
участок сварки электродов	Г,В	IIв+1	2500	300	500	20	20/10
Цокольный:	Г-0,8	-----	-----	-----	200	40	20
участок штамповки	Г,В	IIIб	1000	200	300	40	20/15
участок сборки цоколей	Г	IVб	750	150	300	40	20
участок гальванической обработки	Г	Vб+1	-----	-----	200	40	20
Сборка люминесцентных ламп:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
отделение мойки, сушки, нанесения люминофора	Г	IIIв	-----	-----	300	40	20
монтаж ножек	Г	IIб	3000	300	-----	20	20/10
укладка спиралей на кассеты	Г	IIIб	1000	150	-----	40	20/15
откачка, наполнение, цоколевка	Г,В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
Сборка ламп накаливания:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
изготовление ножек, крючков, при- варка электродов, зачистка цоколей	Г	IIIв	1000	150	300	40	20/15
монтаж ножек	Г	IIб	300	3000	-----	20	20/10
укладка спиралей	Г	IIIб+1	1250	150	-----	40	20/15
откачка, заварка	Г	IIIв	750	150	300	40	20
Производство кварцевых горелок:	Г-0,8	-----	-----	-----	300	40	20
монтажное отделение	Г	IIв	2000	200	-----	20	20/10

Продолжение таблицы П2-10

1	2	3	4	5	6	7	8
участок откачки и наполнения	Г	IVб	-----	-----	200	40	20
монтаж ножек	Г	IIIб+1	1250	150	-----	20	20/15
Контроль электрических параметров и испытательные станции	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15

* Коэффициент неравномерности регламентируется в соответствии с (44, п. 4.9).

** В числителе – максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе – для местного освещения и для системы общего освещения.

Рекомендации по освещению рабочих мест в электротехнической промышленности.

Таблица П2-13

Рабочее место, процесс	Освещенность от светильников ме- стного освещения, лк	Тип светильника (ламп)	Высота выходного отверстия све- тильника над ра- бочей поверхно- стью мм	Примечание
1	2	3	4	5
Электромашиностроительное производство				
Станки намотки катушек:				
малые	1800	ЛКС01	100-150	Светильник крепится так к станку, чтобы его выходное отверстие размещалось над катушкой на высоте 100-150 мм.

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
Пульты испытательных стендов	200-300	ЛПО12 или МЛ-2х40	-----	Светильники крепятся на кронштейнах к стене
Производство силовых трансформаторов и высоковольтной аппаратуры				
Сборка трансформаторов	800-900	ЛСП02 «Кососвет»	2250 (над рабочей площадкой)	Линии светильников устанавливаются на ограждении грузовой площадки (для освещения верхней зоны) и под рабочей площадкой (для освещения нижней зоны)
механизированных мостков				
Стенды сборки магнитопроводов	500-800	РСП05,РСП13,РСП18 С34ДРЛ (все светильники с КСС Г-3). Лампа ДРЛ400	5000 (от пола)	Светильники устанавливаются на колонне или на стене
Места напольной сборки трансформаторов:				
рабочие места, удаленные от стен здания	1800	НСП21	2000-2500	Светильники устанавливаются на переносной стойке

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
рабочие места расположенные вблизи стен здания	1800	УПСДРЛ400	3000-4000	Светильники устанавливаются на колонне (стене) на кронштейне
Участок намотки	1800			
		См. рекомендации по местному освещению станков намотки катушки		
Пульты испытательных станций	200-300	См. рекомендации по местному освещению пультов испытательных стендов		
Производство низковольтной аппаратуры и комплектных устройств				
Сборочные цеха:				
конвейеры (работа сидя)	400 (локализованное освещение)	ЛСП13/Л (линии) или ЛСО02 (линии)	1000	Рекомендуется для невысоких (до 6м) и светлых помещений Светильники типа ЛД устанавливаются над осью конвейера, типа ЛСП13/Л – над проходами Вариант применим при небольших размерах изделия и достаточных габаритах рабочего места
конвейеры (работа стоя)	400 (локализованное освещение)	ЛД (линии) или ЛСП13/Л (линии)	-----	
	1100 (комбинированное освещение)	ЛНП01	300-400	

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
столы контроля	1100	ЛНП01-2×30У	450-550	С помощью подложек – экранов, располагаемых за проволокой, создается фон, увеличивающий невидимый контраст проволоки При работе с блестящими деталями выходные отверстия светильников должны быть перекрыты рассеивателями, для обеспечения направленного светового пучка может быть использован светильник типа НКС01 (СГС-1)
Участки намотки (намоточные станки)	1100	ЛНП01-20×30У	450-550	
Рабочие места ОТК	1800	МЛ 2×40	500-600	
Производство источников света				
Места визуального контроля стеклянных изделий:	-----	Люминесцентные лампы типа ЛБ8	-----	Контроль на фоне молочного стекла размером 180×230 мм. Расстояние от оси лампы до мо-

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
стол контроля тарелок и спиралей	1500	По типу МЛ-2×40, ЛНП-2×20	~250 над уровнем глаз	лочного стекла 20 мм, между осями ламп 60 мм. Лампы должны быть включены в разные фазы трехфазной сети.
контроль колб ламп накаливания				Обнаружение дефектов производится на фоне вертикального экрана, расположенного непосредственно под ОП. Экран состоит из трех частей: черной матовой; белой матовой; клетчатой.
Столы браковки электродов	1100-1200	ЛНП-01-2×30У МЛ-2×40	500-600	Светильники устанавливаются на жесткой раме над столом, их выходные отверстия должны быть перекрыты рассеивателями

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
Сборка миниатюрных ламп накаливания: монтаж спиралей на монтажных столах	2700-2800	ЛКС01-2×8, ЛНП01-2×30	150, 300	Светильник устанавливается на столе, в его задней части
намазка цоколя, расправка проводов, надевание цоколя, фланца, цоколевание	900-1000	ЛКС01, ЛНП01	200,400	То же
столы браковки	1100-1200	МЛ-2×40 ЛНП01-2×30У	500-600 400	Светильник устанавливается на раме над серединой стола Выходные отверстия светильников должны быть перекрыты рассеивателями
Контроль нанесения люминофора	-----	Люминесцентные лампы типа ЛБ80	-----	Контроль на фоне молочного стекла, под которым установлены лампы типа ЛБ80. Расстояние от оси лампы до молочного стекла 40 мм между осями ламп 150 мм. Лампы должны быть

Продолжение таблицы П2-13

1	2	3	4	5
крупные	1800	ЛНП01	400-500	То же на высоте 400-500 мм.
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800-1000	Светильник устанавливается на жесткой раме над столами
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800-900	То же	800-1000	То же
				включены в разные фазы трех-фазной сети.

Отраслевые нормы освещения различного технологического оборудования предприятий текстильной, трикотажной и швейной промышленности

Таблица П2-14

Производственное оборудование	Рабочая поверхность (Г – гориз. В – вертикаль, Н – наклонная)	Разряд зрительной работы (44)	Минимальная освещенность при общем освещении, лк	Коэффициент пульсации, %, не более	Показатель ослепленности, не более	Дополнительные указания
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы П2-14

1	2	3	4	5	6	7	
Текстильная промышленность							
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щепальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин	
Чесальные, гребнечесальные, ленточные машины	Бункер, В	VIIIa	100*/100	20	60	Хлопок Лен Окрашенное волокно Лен	
	Процесс перед плющильными валиками. Г	Vв	150/200	20	40		
		Ровница после вытяжного прибора, Г	IVв	150/200	20		40
			IVa	300/400	20		40
			IVб	200/300	20		40
Прядильные, крутильные и прядильно-крутильные машины:	Нити после выхода из вытяжного аппарата, Н		IIIв	300/400	10	20	Хлопок Хлопок, шелк Хлопок, шерсть Шерсть, хлопок Хлопок, шелк
		IIг	300/400	10	20		
		IIв	400**/400**	10	20		
		IIв	500/500	10	20		
		Iг	400/400	10	20		
пряжа толщиной 50 текс и более							
от 50 до 14,2 текс							
менее 14,2 текс							

Продолжение таблицы П2-14

1	2	3	4	5	6	7
Текстильная промышленность						
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щепальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин
Прядильные машины сухого и мокрого прядения льна: пряжа толщиной 170 текс и выше от 200 до 68 от 68 текс и ниже Пневмомеханические прядильные машины: пряжа толщиной от 50 до 14,2 текс менее 14,2 текс Ткацкие станки: нити и пряжа толщиной 50текс и более	Нити на боковине, Г	IVв	200/300	20	40	Неокрашенная пряжа Окрашенная пряжа Предусмотреть освещение зоны зевобразования нитей и освещение полотна станков СТБ на просвет
		IIIв	300/400	15	40	
		Iг	300/400	15	40	
		Пв	500/600	10	20	
	Полотно и основа, Г	IIa	750**/750**	10	20	
		Iв	750/750**	10	20	
		Пв	500/600	10	20	
		Пв	500/500**	10	20	

Продолжение таблицы П2-14

1	2	3	4	5	6	7
Текстильная промышленность						
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щепальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин
от 50 до 14,2текс менее 14,2текс	Нити у вытяжных пар, Н Полотно и основа, Г Зона работы, Г	Ia	750**/750**	10	20	Для станков, вырабатывающих ткани крупноузорчатого переплетения, предусмотреть встраиваемые светильники Станки полотняного и мелкоузорчатого переплетения Станки крупноузорчатого переплетения Предусмотреть переносной
Ткацкие станки, вырабатывающие ткани полотняного, мелкоузорчатого и крупноузорчатого переплетения:		IVб	200/300	20	40	
нити толщиной 125 текс и выше		IIIб	300/400	15	20	
от 125 текс до 64 текс ниже 64 текс		IIв IIб	500/600 750/750**	10 10	20 40	
Жаккардовая машина		Vб	100**/100*	20	20	

Продолжение таблицы П2-14

1	2	3	4	5	6	7
Текстильная промышленность						
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щепальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин
						светильник
Трикотажная промышленность						
Основовязальные машины:						Предусмотреть встраиваемые светильники в зону игольницы
до класса 20	Полотно, Г	Пб	750/750**	10	20	При наличии в машинах встраиваемых светильников освещенность от общего освещения должна быть не менее 400 лк.
	Основа, Г	Пв	400**/400**	10	20	
класса 20 и выше	Полотно, Г	Ив	750/750**	10	20	
	Основа, Г	Ив	400**/400**	10	20	
Коттонные машины для верхнего трикотажа	Полотно, Г	IIIa	600*/600	15	40	Комбинированное освеще-
Коттонные машины для чулок	Полотно, Г	Ив	750/750**	10	20	
Просмотровые машины	Поверхность смотрового	IIa	-----	10	20	

Продолжение таблицы П2-14

1	2	3	4	5	6	7
Текстильная промышленность						
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щепальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин
	стола, Н					ние освещенность 2000лк, в том числе от общего 400/400* лк. Предусмотреть встраиваемые светильники над столом и освещение для контроля основы занного полотна «на просвет»
Швейная промышленность						
Столы для настила и раскроя ткани	Поверхность стола, Г	IIIa	600*	20	40	Комбинированное освещение, освещенность 2000 лк, в том числе от общего 750 лк.
Швейные машины челночного стежка (одно- игольные и двухигольные)	Ткань в зоне иглы, Г	IIa	-----	10	20	

* Освещенность повышена из-за напряженной зрительной работы в течение рабочего дня, повышенной степени травматизма или необходимости цветоразличения.

** Освещенность уменьшена с целью ограничения отраженной блескости или установлена экспериментально. В числителе приведены освещенности для зданий с естественным освещением, в знаменателе – без естественного освещения.

Нормы освещенности и качественные показатели освещения.

Таблица П2-15

Производственное помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность или высота плоскости над полом, м	Плоскость нормирования освещенности (Г – горизонт. В – вертикал.)	Разряд зрительной работы (44)	Освещенность, лк			Показатель ослепленности не более	Коэффициент пульсации %, не более	Дополнительные указания
				при общем освещении	при комбинированном освещении				
					общее и местное	общее			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лесопильное производство									
Цех лесопильный: отделение переработки и транспортировки отходов (1 этаж) отделение лесопильное (2 этаж):	0,8		VI	150	---		80	20	При лампах накаливания освещенность 75 лк

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
рама лесопильная со стороны выдачи	Брус, доска	В	IV _В	---	400	150	40	20	При лампах накаливания освещенность 300 лк.
агрегаты фрезерно-пильные для распиловки бревен	Зона работы	Г	III _Г	200	---	---	40	15	
места браковки и маркировки досок	Доска (пороки)	Г	III _В	---	750	150	40	20/15	
транспортёр поперечный цепной для разборки досок по сортам	Доска	Г	IV _Г	200*	---	---	40	20	
Склады пиломатериалов (на открытой территории)	Земля	Г	XII	5	---	---	---	---	
Цех сушильный	Пол	Г, В	VI	150	---	---	60	20	
Столярное производство									
Цеха изготовления и сборки оконных блоков дверных полотен и строительных конструкций:									
отделение машиносборочное:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
станки торцовочные и прирезные	Деталь	Г	IVб	---	500	150	40	20	При лампах нака- ливания освещен- ность 75 лк
станок для набора щита	Щит	Г	IVб	200	---	---	40	20	
станки фуговально-строгальные, сверлильные, долбежные, для заделки сучков	Деталь	Г	IVв	---	400	150	40	20	
участок шлифования деталей, узлов и изделий	Деталь, изделие	Г	IIIв	300	---	---	40	15	
участок сборки оконных створок, дверных полотен и коробок	Изделие	Г	IIIг	200	---	---	40	15	
отделение малярное:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
полуавтоматическая линия окраски столярных изделий	Зона работы оборуд.	Г	VI	150	---	---	60	20	
отделение остекления и сборки блоков	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Мебельное производство									
Поток изготовления щитовых деталей:									

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
отделение раскроя и ребросклеивания шпона	0,8	Г	Шв	300	---	---	40	15	Предусмотреть ИС с исправленной цветностью При контроле качества шва «на просвет» яркость светящегося фона должна быть 700-1000 кд/м ²
стол для разметки и подбора текстуры шпона	Стол	Г	Шв	---	1000*	150	40	20/15	
станки кромкофуговальные и ребросклеивающие		Г	Шв	---	750	150	40	20/15	
отделение раскроя, калибрования и фанерования пластей мебельных щитов:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	300	---	---	40	15	
станки для раскройки плит	Плита	Г	Шв	---	750	150	40	15	
Отделение первичной обработки брусковых деталей	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Отделение повторной машинной обработки деталей	Станки	Г	Шв	300	750	150	40	20/15	
Станки шлифовальные	Деталь	Г	Шв	---	750	150	40	20/15	
Отделение лакирования и облагораживания	0,8	Г	---	300	---	---	40	15	

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Отделение комплектровки и контрольной сборки	Изделие	Г	IVб	200	---	---	40	20	ной цветностью
Фанерное производство									
Отделение разделки фанерного сырья на чураки и дрова и гидротермической обработки чураков	0,8	Г	---	150	---	---	40	20	
Отделение луцильное	0,8	Г	---	200	---	---	---	15	
Отделение сушильное	0,8	Г	---	200	---	---	---	20	
Отделение сортировочное и починое	0,8	Г	---	300	---	---	---	15	
Столы, конвейеры для сортировки шпона, станки шпонопочиночные	Стол, станина	Г	Пв	500	2000	200	20	20/10	На столах – локализованное, на станках – комбинированное освещение
Отделение клеильное	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Сушиллки шпона конвейерные и камерные	Места загрузки и выгрузки	Г	IVв	200	---	---	40	20	
Столы или конвейеры, под-	Шпон, пакет	Г,В	Шв	300	---	---	40	15	При совмещении с

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	операцией сортировки освещенность следует увеличить до 500 лк.
стопные места для сборки пакетов с периодическим контролем сортности									
Отделение сортировочно-обрезное	0,8	Г	---	300	---	---	40	15	
Цех изготовления смол:	0,8	Г	---	100	---	---	40	20	
участок вакуум-реактивов	Зона обслуживания оборуд.	Г	IVб	200	---	---	40	20	
Производство древесных плит									
Цех изготовления древесно-стружечных плит									Освещенность в зоне насыпки не менее 50 лк.
Отделение изготовления стружки:	0,8	Г	---	150	---	---	40	20	
участки сушки стружки	Сушильные барабаны	Г	VIIIб	50	---	---	---	---	
участок проклеивания стружки	Форсунки, приборы	Г	IVб	200	---	---	40	20	
участок формирования прессования и обрезки плит	Конвейер	Г	---	200	---	---	40	20	

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
отделение окончательной обработки плит:									Комбинированное освещение в зоне контроля качества
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
столы для сортировки плит	Плита	Г	Пв	500	2000	200	20	20/10	
Цех ламинирования плит и фанеры:									
отделение печатания текстурной бумаги	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
отделение пропитки и сушки бумаги (общее освещение по помещению):	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	На период чистки валков предусмотреть местное освещение не менее 1500 лк.
агрегат пропитки и сушки на стороне съема и резки бумаги.	Полотно бумаги	В	Шб	300	---	---	40	15	
конвейер формирования пакетов	Пакет	Г	Шб	300	---	---	40	20	
отделение окончательной обработки плит	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Домостроение									
Отделение раскроя и склеивания древесных плит и фанеры:	Плита	Г	IVб	200	---	---	40	20	

Продолжение таблицы П2-15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общее освещение по помещению	0,8	Г	---	200	---	---	40	20	
Отделение изготовления фронтона, панелей крыши, элементов стен и перекрытий	Деталь	Г	IVГ	150	---	---	40	20	
Отделение изготовления деталей каркаса, панелей и отделки	>>	Г	IIIГ	200	---	---	40	15	
Участки и оборудование, общие для разных производств									
Склады готовой продукции, промежуточного складирования и выдержки	Пол	Г	VI	150	---	---	60	20	Предусмотреть локализованное размещение светильников в местах комплектации
Отделение приготовления клея	Оборуд.приборы	Г	Vб	150	---	---	40	20	
Отделение приготовления лаков и красок	То же	Г	IVб	200	---	---	40	20	
Отделение пилоножеточное	0,8	Г	---	300	---	---	40	15	
Прессы различные	Поверхность оборуд.	В	IVб	200		---	40	20	
Станки клеенаносящие:									
на стороне загрузки	Вальцы, деталь	Г	IIIв	300	---	---	40	15	
на стороне выгрузки	Деталь	Г	IVв	200	---	---	40	15	

* Норма освещенности увеличена на одну ступень в связи с выполнением напряженной зрительной работы в течение всего рабочего дня.

Примечания:

1. В графе «Коэффициент пульсации» в числителе приведено нормируемое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе – для местного освещения и для системы общего освещения.

2. В случаях, когда освещенность указана только для системы комбинированного освещения, допускается при технической целесообразности устройство одного общего освещения с освещенностью, соответствующей указанному разряду.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Указания по выбору светильников. Кривые силы света.

ПЗ-1. Маркировка и светотехнические характеристики светильников.

В соответствии с ГОСТ 13828-74 каждому светильнику, за исключением светильников специального назначения, присваивается шифр следующей структуры:



Где 1 – буква, обозначающая источник света (Н – лампа накаливания общего применения, Р – ртутные лампы типа ДРЛ, Л – прямые трубчатые люминесцентные лампы, И – кварцевые галогенные лампы накаливания, Г – ртутные лампы типа ДРИ, Ж – натриевые лампы, К – ксеноновые трубчатые лампы и т.д.); 2 – буква, обозначающая способ установки светильника (С – подвесные, П – потолочные, Б – настенные, В – встраиваемые и т.д.); 3 – буква, обозначающая основное назначение светильника (П – для промышленных предприятий, О – для общественных зданий, У – для наружного освещения, Д – для рудников и шахт, Б – для бытовых помещений); 4 – двухзначное число (01-99), обозначающее номер серии; 5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых све-

тильников число 1 не указывается и знак «Х» не ставится, а мощность указывается непосредственно после тире); 6 – число обозначающее мощность ламп в ваттах; 7 – трехзначное число (001-099), обозначающее номер модификации; 8 – обозначение климатического исполнения и категории размещения светильников.

ГОСТ 13828-74 классифицирует также светильники по степени защиты от пыли и воды.

Обозначение степени защиты состоит из двух прописных букв латинского алфавита IP (international protection – англ.) и двух цифр, первая из которых обозначает степень защиты от пыли, вторая – от воды. При наличии некоторых конструктивных особенностей в светильнике его обозначение степени не имеет букв IP, а у первой цифры, указывающей степень защиты от пыли, добавляется «штрих» (например, 5'4).

По степени защиты от пыли различают светильники открытые (2), перекрытые с неуплотненной светопроницаемой оболочкой (2'), пылезащитные, т.е. допускающие проникновение пыли в полость светильника только в безвредных количествах (5), с ограниченной зоной пылезащиты только в пределах расположения контактных частей (5'), пыленепроницаемые (6) и с ограниченной зоной пылепроницаемости (6').

По степени защиты от воды различаются светильники незащищенные (0), каплезащищенные (2), дождезащищенные (3), брызгозащищенные (4), струезащищенные (5) и некоторые другие.

По климатическому исполнению: У – светильники для умеренного климата; Т – для тропиков и т.д.

Общая характеристика сортамента светильников для освещения производственных зданий приведена в табл. ПЗ-1.

Таблица ПЗ-1

Тип светильников	кол-во и мощность	КПД, %	тип КСС	степень защиты	климатическое исполнение	хар-ка поме- щения	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
НСП17-100-104	100	75	Д	5'0	УХЛ4	сухое, чистое	
НСП17-200-103	200	75	Л	5'0			
НСП17-500-104	500	75	Г	5'0	У3		
НСП17-10000-004	1000	75	Г	IP20	У3		
РСП05-125-001	125	80	Г	JP20	УХЛ4	сухое, чистое	
РСП05-250-001	250	80					
РСП05-400-001	400	80					
РСП05-700-001	700	80					
РСП05-1000-001	1000	80					
1	2	3	4	5	6	7	8
ЖСП01-400-007	ДнаТ-400-5	75	Г	IP 20	У3	сухое, чистое	
ЖСП01-400-008	ДнаТ-400-5	75	К	IP 20	У3		
ГСП17-700-055	ДРИ-700-5	78	К	IP 20	У3		
ГСП17-2000-055	ДРИ-2000-5	78	К	IP 20	У3		
РСП48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54	УХЛ4	тяжелые ус- ловия среды	индивидуальной компенсации
ЖСП48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54	УХЛ4		
ГСП48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54	УХЛ4		
ГПП06-(250-400)-001	250(400)	60	Л	IP54	УХЛ2		
РПП06-(250-400)-001	250(400)	60	Л	IP54	УХЛ2		
ЖПП06-(100-400)-001	100(400)	60	Л	IP54	УХЛ2		

РСП25-125(250) ВЗГ-200-АМС	125(250) 200(ЛН)	60 60	М М	IP54 IP54		тяжелые ус- ловия среды	
ЖКУ-150(250)001	150(250)	>75	Л	IP66	У1	тяжелые ус- ловия среды	
ЖКУ-400-001	400	>60	Л	IP53	У1		
ЖКУ02-400-001	400	>60	Ш	IP53	У1		
ГКУ02-250-001	250	>60	Ш	IP53	У1		
РКУ02-400-002	400	>60	Ш	IP53	У1		
РКУ02-250-001	250	>60	Ш	IP53	У1		
РКУ01-125-008	125	>60	Л	IP23	У1		
РКУ01-250-007	250	>60	Л	IP23	У1		
РКУ01-400-006	400	>60	Л	IP23	У1		
РСУ05-250-001	250	>60	Ш	IP53	У1	тяжелые ус- ловия среды	
ГСУ05-250-001	250	>60	Ш	IP53	У1		
ЖСУ05-250-001	250	>60	Ш	IP53	У1		
ЖКУ32-70,150(250)-001	70, 150, 250	>60	Л-Ш	IP66	УХЛ1	тяжелые ус- ловия среды	индивидуальной компенсации
ГКУ 32-150(250)-001	150, 250	>60		IP66	УХЛ1		
РКУ 45-80(125)-001	80, 125	>60		IP66	УХЛ1		
ЛСП 18-18-002	18	75	М	IP65	УХЛ4,04	пыльное, влажное, сы- рое	
ЛСП 18-36-002	36	75	М	IP65	УХЛ4,04		
ЛСП 18-58-002	58	75	М	IP65	УХЛ4,04		
ЛСП 18-65-002	65	88	} Специаль- ная	5'4	УХЛ4,04		
ЛСП 18-40-002	40	88		5'4	УХЛ4,04		
ЛСП 18-36-002	36	73		IP65	УХЛ4,04		
ЛСП 22-65-001	65(ЛБР65)	92	Д	5'3	УХЛ4	сухое, чистое	

ЛСП 22-2х65-001	2х65(ЛБР65)	85	Д	5'3	УХЛ4,04		
ЛСП 02-2х36-001	2×36	72	Д	IP20	УХЛ4	сухое, чистое	
ЛСП 02-2х58-001	2×58	72	Д	IP20	УХЛ4		
ЛСП 02-2х36-003	2×36	72	Д	IP20	УХЛ4		
ЛСП 02-2х58-003	2×58	72	Д	IP20	УХЛ4		
ЛСП 24-2х40-002	2×40	85	специальная М	5'4	УХЛ4	пыльное, влажное	
ЛСП 24-2х65-002	2×65	85		5'4	УХЛ4		
ЛСП 40-2х40-001	2×40	>65		IP54	УХЛ4		
ЛПО 50-36(40)-002	2×36 2×40	0,92	М	IP20		сухое, чистое	

ПЗ-2. Кривые силы света некруглосимметричных светильников.

При использовании светильников с несимметричными КСС, параметры которых задаются двумя, тремя и более кривыми зависимости $I(\alpha)$ при разных углах β по паспортным КСС $I = I(\alpha)$ для двух углов β_0 и β_1 искомые значения можно определить по формуле:

$$I(\alpha, \beta) = \frac{\beta - \beta_1}{\beta_0 - \beta_1} I_1(\alpha) + \frac{\beta - \beta_0}{\beta_1 - \beta_0} I_2(\alpha).$$

При заданных в паспорте кривых от света $I = I(\alpha)$ для трех углов β : $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ искомые значения $I(\alpha, \beta)$ определяются по формуле:

$$I(\alpha, \beta) = \frac{(\beta - \beta_1)(\beta - \beta_2)}{(\beta_0 - \beta_1)(\beta_0 - \beta_2)} I_1(\alpha) + \frac{(\beta - \beta_0)(\beta - \beta_2)}{(\beta_1 - \beta_0)(\beta_1 - \beta_2)} I_2(\alpha) + \frac{(\beta - \beta_0)(\beta - \beta_1)}{(\beta_2 - \beta_0)(\beta_2 - \beta_1)} I_3(\alpha),$$

где, $I_1(\alpha), I_2(\alpha), I_3(\alpha)$ – значения силы света для искомого угла по паспортным графикам.

При наличии большого числа графических зависимостей $I = I(\alpha)$ для различных значений β в паспорте или каталоге на светильник используются формулы:

$$I(\alpha, \beta) = \sum_{k=1}^N P_{nk}(\beta) \cdot I_k(\alpha)$$

$$P_{nk}(\beta) = \frac{(\beta - \beta_0) \dots (\beta - \beta_{k-1})(\beta - \beta_{k+1}) \dots (\beta - \beta_n)}{(\beta_k - \beta_0) \dots (\beta_k - \beta_{k-1})(\beta_k - \beta_{k+1}) \dots (\beta_k - \beta_n)}.$$

Таблица ПЗ-2

Типовые кривые силы света отечественных круглосимметричных светильников ($\Phi=1000$ лм)

Коэффициенты α 1 градусы	$I\alpha=\text{const}$	$I\alpha=I_0\cos(n\alpha); \alpha<90^\circ/n$												$I\alpha=I_0\cdot\sin(n\alpha)$	$I\alpha=I_0\{\cos\alpha/\cos[\theta\sin^m(n\alpha)]\}$		
		$n=0,7841$	$n=1$	$n=1,0374$	$n=1,1038$	$n=1,2928$	$n=1,5109$	$n=1,65$	$n=1,7582$	$n=2,0402$	$n=2,3683$	$n=2,7473$	$n=2,91$	$n=1$	$\Theta=70^\circ$ $m=1,2$ $n=1,66$	$\Theta=78,3^\circ$ $m=1,4$ $n=1,39$	$\Theta=84,4^\circ$ $m=1,5$ $n=1,2$
	М	Д-1	Д	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г	Г-3	К-1	К-2	К-3	К	С	Л(Ш-1)	Л-Ш(Ш-2)	Ш(Ш-3)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	159,2	233,4	330,0	295	377,3	503	670,7	800	894,2	1192	1583	2120	2400	0	154,8	119,6	78,3
5	159,2	232,9	328,7	293,8	375,5	499,8	664,8	791,7	883,8	1173	1549	2062	2323	17,9	155,5	119,0	78,6
10	159,2	229,2	325	290,2	370,3	490,2	647,5	767,1	852,5	1118	1449	1893	2097	35,6	158,2	118,6	79,4
15	159,2	228,5	318,8	284,2	361,6	474,4	618,5	726,5	801,1	1026	1288	1595	1737	53,1	164,5	120,2	81,4
20	159,2	224,7	310,1	275,9	349,8	452,7	579,5	670,9	731,2	902	1052	1261	1265	70,1	175,5	126,0	81,7
25	159,2	220	299,1	265,3	334,3	425,1	530,2	601,5	643,8	750	810	832	712	86,6	190,7	134,0	83,3
30	159,2	214,1	285,8	252,5	316	392,1	471,4	519,6	541,3	574	515	249	113	102,5	210,8	145,0	87,2
35	159,2	207,1	270,3	237,7	294,7	354,1	404,7	426,9	439,9	380	196	0	0	117,6	235,1	159,6	94,8
40	159,2	199,3	252,9	221	270,7	311,7	330,9	325,4	301	174	0	0	0	131,8	261,8	180,4	105,4
45	159,2	190,6	233,3	202,4	244,2	265,3	251,4	217,2	168,8	0	0	0	0	145,0	281,6	209,7	121,3
50	159,2	180	212,1	182,1	215,4	215,5	167,3	104,4	32,6	0	0	0	0	157,0	282,1	243,3	137,1
55	159,2	170,5	189,3	160,4	184,6	162,9	81,8	0	0	0	0	0	0	168,0	257,2	269,7	162,0
60	159,2	159,2	165	137,4	152	108,3	0	0	0	0	0	0	0	201,9	212,9	275,0	199,0

Продолжение таблицы ПЗ-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
65	159,2	147,1	139,5	113,2	118,2	52,6	0	0	0	0	0	0	0	185,8	161,7	247,6	230,0
70	159,2	134,3	112,9	88,1	83,1	0	0	0	0	0	0	0	0	192,6	113,6	194,0	252,0
74	159,2	123,6	91	67,5	54,6	0	0	0	0	0	0	0	0	197,1	79,4	139,0	225,0
75	159,2	121	85,4	62,3	47,4	0	0	0	0	0	0	0	0	198	71,5	125,2	212,3
76	159,2	118,1	79,8	57,1	40,2	0	0	0	0	0	0	0	0	199,0	63,8	111,1	199,0
78	159,2	112,6	68,6	46,6	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	199,0	49,1	84,5	165,5
80	159,2	106,9	57,3	36,0	11,2	0	0	0	0	0	0	0	0	201,9	35,8	60,4	127,7
82	159,2	101,2	45,9	25,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203,0	23,8	39,5	89,1
84	159,2	95,4	34,5	14,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203,9	13,8	22,5	53,6
85	159,2	92,5	28,7	9,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,2	10,0	16,2	39,0
86	159,2	89,6	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,5	6,2	10,1	25,0
88	159,2	83,6	11,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,9	1,6	2,5	6,4
90	159,2	77,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205,0	0	0	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Индекс помещения и коэффициент использования светильников

Индекс помещения i при отношении $A/B \leq 3$

Таблица П4-1

Площадь помеще- ния S, м	Значение i при расчетной высоте h равной м															
	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,00	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Продолжение таблицы П4-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0,9	0,8	0,76	0,76	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-
25	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
30	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-
40	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-	-
50	1,7	1,5	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-
60	1,7	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-	-	-
70	2,0	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	-	-
80	2,25	2,0	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-	-
90	2,2	2,0	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	-
100	2,5	2,2	2,0	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-
120	2,5	2,2	2,0	2,0	1,7	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
150	3,0	2,5	2,2	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
200	3,5	3,0	2,5	2,5	2,2	2,0	1,7	1,5	1,25	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
250	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,2	2,0	1,7	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8
300	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,7	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8
350	4,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,75	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9
400	5,0	4,0	4,09	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25	1,75	1,75	1,5	1,25	1,25	1,1	1,0
450	5,0	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,75	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0
500	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,75	1,5	1,25	1,2	1,1

Продолжение таблицы П4-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
600	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	2,0	1,75	1,5	1,2	1,1
700	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25
800	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25
900	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5
1000	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,7	1,5
1200	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,7	1,75
1400	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75
1600	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0
1800	-	-	-	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0
2000	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5
3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0
4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,0
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5
6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5
7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0
8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0
9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0
10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0

Таблица П4-2

Индекс помещения i при отношении $A/B \leq 3$

A/B	Значение i при расчетной высоте h , m																
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
3-4	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0
5-6	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	4,0
7-9	-	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,5
10	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
15	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
20	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,25
30	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5	1,75
40-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5

Таблица П4-3

Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями.	10

Таблица П4-4

Коэффициент использования светильников ζ с типовым КСС

Тип КСС	Значение ξ , %																							
	при $\rho_{\Pi}=0,7$; $\rho_c=0,5$; $\rho_p=0,3$						при $\rho_{\Pi}=0,7$; $\rho_c=0,5$; $\rho_p=0,1$						при $\rho_{\Pi}=0,7$; $\rho_c=0,3$; $\rho_p=0,1$ и						при $\rho_{\Pi}=\rho_c=0,5$; $\rho_p=0,3$ и i					
	и i равным:						и i равным:						i равным:						равным:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	35	50	61	73	83	95	34	47	56	66	75	86	26	36	46	56	67	80	32	45	55	67	74	84
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	75	84	92	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85
Г-1	49	60	75	90	101	106	48	57	71	82	89	94	42	52	69	78	73	76	45	56	65	78	76	84
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	96	103
Г-3	64	74	85	95	100	105	62	70	79	80	90	93	57	66	76	84	84	91	63	72	83	91	96	100
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	95	97	100	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	99	99	102	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	170

Продолжение таблицы П4-4

Тип КСС	при $\rho_{\text{п}}=0,5$; $\rho_{\text{с}}=0,5$; $\rho_{\text{р}}=0,1$ и i равным:						при $\rho_{\text{п}}=0,5$; $\rho_{\text{с}}=0,3$; $\rho_{\text{р}}=0,1$ и i равным:						при $\rho_{\text{п}}=0,3$; $\rho_{\text{с}}=\rho_{\text{р}}=0,1$ и i равным:						при $\rho_{\text{п}}=\rho_{\text{с}}=\rho_{\text{р}}=0$ и i рав- ным:					
	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83	24	40	50	62	71	77	32	47	57	69	79	90
Д	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83	24	40	50	62	71	77	32	47	57	69	79	90
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75	17	29	38	46	58	67	16	28	38	45	55	65
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73	27	35	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76	20	35	44	48	65	69	17	33	42	53	63	70
Л-Ш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	26	35	47	58	68
Ш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	17	25	36	49	62

Коэффициенты использования светового потока светильников с типовым КСС, изучаемого в нижнюю полусферу.

Таблица П4-5

Типовая КСС Ко- эф. от- раж.	Равномерная М								Косинусная Д								Глубокая Г							
$\rho_{\Pi} \%$	70				50		30	0	70				50		30	0	70				50		30	0
$\rho_{\Sigma} \%$	50		30		50	30	10	0	50		30		50	10	10	0	50		30		50	30	10	0
$\rho_p \%$	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10
Знач. I	Коэффициент использования, %																							
0,5	28	28	21	21	25	19	15	13	36	35	30	30	34	28	25	22	58	57	55	53	57	53	49	47
0,6	35	34	27	26	31	24	18	17	43	42	35	34	40	33	28	27	68	65	62	60	64	60	57	56
0,7	44	39	32	31	39	31	25	24	48	47	41	38	45	38	33	31	74	69	68	64	69	64	61	61
0,8	49	46	38	36	43	36	29	28	54	51	45	43	49	43	37	36	78	73	72	69	72	69	66	64
0,9	51	48	40	39	46	39	31	30	57	55	48	46	52	46	41	39	81	76	75	72	75	72	70	67
1,0	54	50	43	41	48	41	34	32	60	57	52	50	55	49	45	42	84	78	78	75	77	74	72	70
1,1	56	52	46	43	50	43	35	33	64	60	55	52	58	51	47	44	87	81	80	77	79	76	74	72
1,25	59	55	49	46	53	45	38	35	69	63	60	56	61	55	50	48	90	83	84	79	82	79	76	75
1,5	64	59	53	50	56	49	42	39	75	69	67	62	67	61	55	53	94	86	88	83	85	82	79	78
1,75	68	62	57	53	60	53	45	42	79	72	71	66	70	65	60	57	97	88	92	85	86	85	82	80
2,0	73	65	61	56	63	56	48	45	83	75	75	69	73	68	64	61	99	90	95	88	88	87	84	82
2,25	76	68	65	60	66	59	51	48	86	77	79	73	76	71	66	64	101	92	97	90	90	88	85	83
2,5	79	70	68	63	68	61	54	51	89	80	82	75	78	73	69	66	103	93	99	91	91	89	87	85

Продолжение таблицы П4-5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3,0	83	75	73	67	72	65	58	55	93	83	86	79	81	77	73	71	105	94	102	92	93	91	89	86
3,5	87	78	77	70	75	68	61	59	96	86	90	82	83	80	76	73	107	95	104	94	94	93	90	88
4,0	91	80	81	73	78	72	65	62	99	88	93	84	85	83	79	76	109	96	105	94	94	94	91	89
5,0	95	83	86	77	80	75	69	65	105	90	98	88	88	85	81	79	111	97	108	96	96	95	92	90

Таблица П4-6

Коэффициент использования светового потока светильников (любого типа), изучаемого в верхнюю полу-сферу.

Светильники Коэф. отраж.	Потолочные							Подвесные						
$\rho_{\text{п}}$ %	70				50		30	70				50		30
$\rho_{\text{с}}$ %	50		30		50	30	10	50		30		50	30	10
$\rho_{\text{р}}$ %	30	10	30	10	10		10	30	10	30	10	10		10
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12		13
Значение i	Коэффициент использования, %													
0,5	26	25	20	19	17	13	6	19	18	15	14	11	9	4
0,6	30	28	24	23	20	16	8	21	22	18	18	14	11	5
0,7	34	32	28	27	22	19	10	27	26	22	21	16	13	6
0,8	38	36	31	30	24	21	11	31	29	25	25	18	16	7
0,9	40	38	34	33	26	23	12	34	32	28	28	20	18	8
1,0	43	41	37	35	28	25	13	37	35	32	30	22	20	9

Продолжение таблицы П4-6

1,1	46	43	39	37	30	26	14	40	37	34	33	24	21	11
1,25	49	46	42	40	32	28	15	43	41	38	36	26	24	12
1,5	54	49	47	44	34	31	17	48	44	42	40	29	26	14
1,75	57	52	51	47	36	33	18	52	48	46	43	31	29	15
2,0	60	54	54	50	38	35	19	55	50	50	46	33	31	16
2,25	62	56	57	52	39	37	20	58	52	53	49	35	33	17
2,5	64	58	59	54	40	38	21	60	54	55	51	36	34	18
3,0	68	60	63	57	42	40	22	64	57	59	54	39	36	20
3,5	70	62	66	59	43	41	23	67	60	62	56	40	39	21
4,0	72	64	68	61	45	42	24	69	31	65	58	42	40	22
5,0	75	66	72	64	46	44	25	73	64	69	62	44	42	24

ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

П.6. Расчет с использованием аналитического выражения КСС по табл. ПЗ-2.

Расчет горизонтальной освещенности точечным методом с использованием пространственных изолукс не отличается высокой точностью из-за интерполяции значений относительной освещенности. Более точные результаты можно получить с использованием аналитического выражения КСС из табл. ПЗ-2 для заданного (выбранного) типа светильника с известным светораспределением.

Пример П6-1. Выполнить проверку светотехнического расчета примера 4 точечным методом с использованием аналитического выражения КСС светильника РСП05/Г03. Схема расположения светильников показана на рис. 3. Координаты контрольных точек и расстояния d_i взять по примеру 4.

В соответствии с данными завода – изготовителя по табл. ПЗ-1 определяем, что светильник РСП05/Г03 имеет КСС типа Г, аналитическое выражение которой в соответствии с табл. ПЗ-2 имеет вид:

$$I_{\alpha} = I_0 \cos(n\alpha),$$

где $n=1,64$; $I_0=800$ кд.

Если $\alpha \geq \frac{90^\circ}{n}$, то значение $I_{\alpha}=0$.

Освещенность в контрольной точке в соответствии с основным законом светотехники определяется по формуле:

$$E_A = \frac{I_{\alpha} \cos\beta}{r^2},$$

где r – расстояние по прямой между источником излучения и контрольной точкой, м; β – угол между направлением силы света I_{α} и нормалью к поверхности.

При освещении горизонтальной плоскости взаимосвязь между указанными величинами можно установить по рис. П6-1.

Для горизонтальной плоскости из рис. П6-1 следует:

$$\alpha = \beta = \arctg \frac{d_i}{h}; \quad r = \sqrt{h^2 + d_i^2}; \quad r = \frac{h}{\cos\alpha}.$$

Тогда:

$$E_A = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{I_\alpha \cos^3 (\arctg \frac{d_i}{h})}{h^2}.$$

Поскольку КСС светильника РСП05/Г03 нормирована к световому потоку в 1000 лм, то выражение для относительной освещенности e_A в конкретном случае с учетом выражения для E_A и значений $I=800$ лм и $n=1,65$ принимает вид:

$$e_A = \frac{800 \cdot \cos(1,65 \cdot \alpha) \cos^3 \alpha}{h^2}.$$

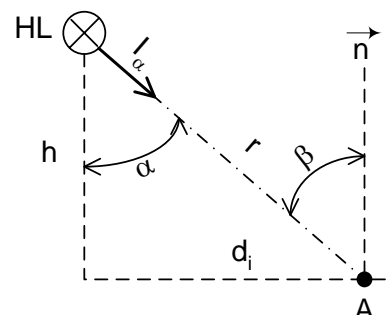


Рис. П6-1

Результаты расчета относительных освещенностей e_A и e_B в контрольных точках рис. 3 с учетом данных табл. 5 и ограничения на угол $\alpha < \frac{90^\circ}{n}$ приведены в табл. П6-1.

Таблица П6-1

Точка	Номера светильников	d_i , м	r_i , м	α , град.	e , лк	$n \cdot e$, лк	$\sum e$, лк
АА	1,2,3,4	5,0	9,434	32	4,609	18,437	19,096
	3,6	9,84	12,68	50,89	0,329	0,659	
	7,8	12,36	14,72	57,087	0	0	
ББ	13,16	4,0	8,94	26,565	6,452	12,904	16,536
	14,17	7,2	10,76	41,987	1,816	3,632	
	15,18	12,6	14,92	57,6	0	0	
	10	14,42	14,42	56,3	0	0	

В таблице П6-1 учтено, что при $\alpha \geq \frac{90^\circ}{1,65} = 54,54^\circ$ значение $I_0=0$, следовательно и относительная освещенность равна нулю.

Как и в примере 5 освещенность в точке Б меньше чем в точке А и именно в точке Б необходимо определить фактическую освещенность. Принимая за номинальный поток лампы примера 4 при $\mu=1,1$ и $K_3=1,5$, получим:

$$E = \frac{\Phi_n \mu \sum e}{1000 \cdot K_3} = \frac{32000 \cdot 1,1 \cdot 16,536}{1000 \cdot 1,5} = 388 \text{ лк.}$$

Таким образом, фактическая освещенность отличается от нормированной $E_n=300$ лк на +29,34% против +7,16% примера 5, что подчеркивает преимущество точечного метода расчета с использованием аналитического выражения КСС над методом расчета по условным изолюксам и методом коэффициента использования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7.

П.7. Расчет освещенности от светящей линии с использованием аналитического выражения КСС.

При расчете освещенности от реальных светильников делается допущение, что в продольных плоскостях светораспределение является косинусным, а в поперечной плоскости задается паспортной кривой $I_\alpha = f(\alpha)$. В этом случае для горизонтальной плоскости формула для расчета относительной освещенности будет иметь вид:

$$\varepsilon = \frac{I_2 h^2}{2(h^2 + p^2)} \left[\frac{L_{CB} \sqrt{h^2 + p^2}}{L_{CB}^2 + h^2 + p^2} + \operatorname{arctg} \frac{L_{CB}}{\sqrt{h^2 + p^2}} \right],$$

где все переменные, входящие в формулу, имеют смысл, изложенный в пункте 3.3.4.

Линейная плотность потока Φ' определяется по известной расчетной формуле:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n K_3 h}{\mu \cdot \Sigma \varepsilon}.$$

Пример П7-1. Выполнить проверку светотехнического расчета примеров 3 и 6 точечным методом с использованием аналитического выражения КСС.

Решение. Согласно таблице ПЗ-1 светильник ЛСП02 характеризуется кривой силы света типа Д, а аналитическое выражение КСС по табл. ПЗ-1 имеет вид:

$$I_\alpha = I_0 \cos n\alpha, \text{ или } I_\alpha = 330 \cos n\alpha \text{ кд,}$$

$$\text{где } \alpha = \operatorname{arctg} \frac{p_i}{h}; n=1.$$

С учетом данных примера 6 (при значении расчетной высоты $h=4,7$ м) расчетные значения относительной освещенности приведены в табл. П7-1.

Таблица П7-1

Обозначение полуяра	P_i , м	$L_{свi}$, м	α , град	I_α , кд	ε , лк	$\sum \varepsilon$, лк
1 и 2	3,25	10	34,66	271,438	$2 \times 136,11$	606,936
3	9,75	10	64,26	143,315	16,812	
4	16,25	10	73,868	91,679	3,439	
5 и 6	3,25	38	34,66	271,438	$2 \times 144,02$	
7	9,75	38	64,26	143,315	21,034	
8	16,25	38	72,868	91,679	5,39	

Линейная плотность потока при $\mu=1,1$ равна:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n K_z h}{\mu \cdot \sum \varepsilon} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 4,7}{1,1 \cdot 606,936} = 3167,924$$

Фактическая плотность потока ряда из 20 светильников типа ЛСП02 с лампами ЛБ-80 (световой поток 5200×2 , лм):

$$\Phi'_{\text{факт}} = \frac{2\Phi_{\text{л}} N_{\text{с.л.}}}{L_{\text{св}}} = \frac{2 \cdot 5200 \cdot 20}{48} = 4333,33 \text{ лм/м.}$$

Фактическая освещенность в контрольной точке:

$$E_{\text{факт}} = E_n \frac{\Phi'_{\text{факт}}}{\Phi'} = 300 \frac{4333,33}{3167,924} = 410,363 \text{ лк,}$$

что на 26,894% больше нормированной освещенности E_n и на 31,989% больше расчетной фактической освещенности примера 6.

Значительное различие результатов расчета примеров П7-1 и 6 объясняется большой погрешностью при считывании результатов с графиков пространственных изолукс, поэтому при использовании круглосимметричных светильников целесообразно использовать в расчетных выражениях аналитические выражения КСС.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

П.8. Учет отраженной составляющей освещенности.

При высоких значениях коэффициентов отражения потолка, стен, пола, а также в тех случаях, когда светильники не относятся к классу пря-

мого света, при точечном методе расчета необходимо учитывать отраженную составляющую освещенности. В данном случае более целесообразно воспользоваться известными приближенными решениями.

При равномерном освещении или при небольшой степени локализации отражающую составляющую можно считать равномерно распределенной по площади помещения и при расчете осветительной установки на нормируемую освещенность с учетом отраженной составляющей формула для расчета последней имеет вид:

$$E_0 = \frac{N\Phi(\eta_p - \eta_r)}{S \cdot K_3},$$

где N – число светильников; $\Phi = \Phi_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{св}}$ – световой поток источника света с учетом КПД светильника $\eta_{\text{св}}$; $\Phi_{\text{л}}$ – суммарный световой поток ламп светильника; η_p – коэффициент использования светильника при заданных значениях коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности или пола $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{р}}$; η_r – коэффициент использования черного помещения (при $\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{с}} = \rho_{\text{р}} = 0$ по табл. П4-4); S – площадь помещения, м^2 ; K_3 – коэффициент запаса.

В случае сильно выраженной локализации освещения можно считать, что прямая и отраженная составляющая освещенности распределены с одинаковой степенью неравномерности. В этом случае суммарная освещенность в контрольной точке умножается на коэффициент неравномерности $\chi = \frac{\eta_p}{\eta_r}$. Тогда суммарная освещенность равна:

$$E = \sum_{i=1}^N E_i \chi.$$

Пример П8-1. По данным примеров 4 и 5 определить отраженную составляющую освещенности E_0 .

Решение. По данным табл. П4-5 коэффициент использования светильника РСП05/Г03 при $\rho_{\text{п}}=0,7$; $\rho_{\text{с}}=0,5$; $\rho_{\text{р}}=0,1$ равен $\eta_p=0,93$.

Коэффициент использования черного помещения при $\rho_{\text{п}}=\rho_{\text{с}}=\rho_{\text{р}}=0$,
 индексе помещения $i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{60 \cdot 30}{8(60 + 30)} = 2,5$ и КСС типа Г в соответствии с табл. П4-5 (для кривой типа Г) равен $\eta_r=0,85$.

Тогда при $N=40$; $\Phi_{\text{л}}=32000$ лм; $K_3=1,5$; $\eta_{\text{св}}=0,8$; $S=30 \cdot 60=1800$ м²,
 отраженная составляющая освещенности составит:

$$E_0 = \frac{N\Phi(\eta_{\text{р}} - \eta_r)}{S \cdot K_3} = \frac{N\Phi_{\text{л}}\eta_{\text{св}}(\eta_{\text{р}} - \eta_r)}{S \cdot K_3} = \text{лк.}$$

$$= \frac{40 \cdot 32000(0,93 - 0,85) \cdot 0,8}{1800 \cdot 1,5} = 24,272$$

Расчетное значение отраженной составляющей освещенности $E_0=24,272$ лк составляет 7,549% от расчетного значения прямой составляющей освещенности $E=321,493$ лк примера 5.