

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

Инженерно-технологический институт

Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Панова Т.В., Панов М.В., Симбирцева М.Е.

***НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ
ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ***



Учебное пособие
для бакалавров, всех направлений подготовки

Брянская область,
2023

УДК 613.646 (076)

ББК 30.10

П 16

Панова, Т. В. Нормы и методы измерений освещения рабочих мест: учебное пособие для бакалавров, всех направлений подготовки / Т. В. Панова, М. В. Панов. М. Е. Симбирцева. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 132 с.

Учебное пособие может быть использовано при изучении дисциплин бакалаврами всех направлений подготовки. Раскрываются теоретические аспекты освещения рабочих мест, требований к освещению рабочих мест, нормы освещения, а так же, описаны методы, средства измерений. Описаны процессы подготовки, проведения, обработки и оценки результатов измерений. Предназначено для подготовки к лекционным, практическим занятиям, подготовки к текущему и промежуточному контролю, самостоятельной работы студентов при изучении дисциплин.

Учебное пособие составлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

Рецензенты: Руководитель службы охраны труда ФГБОУ ВО Брянский ГАУ Л.В. Агеенко; д.т.н., профессор, профессор кафедры БЖД и ИЭ Е.Н. Христофоров.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол № 5 от «24» марта 2023 г.

© Брянский ГАУ, 2023

© Т.В. Панова, 2023

© М.В. Панов, 2023

© М.Е. Симбирцева, 2023

Оглавление

| | |
|---|----|
| Термины, определения и сокращения | 5 |
| 1 Освещение рабочих мест | 14 |
| 1.1 Требования к освещению рабочих мест | 16 |
| 1.2 Нормы освещения..... | 20 |
| 1.3 Методы измерений | 35 |
| 1.4 Средства измерений | 37 |
| 1.5 Подготовка к измерениям..... | 38 |
| 1.6 Проведение измерений | 42 |
| 1.7 Обработка результатов измерений | 44 |
| 1.8 Оценка результатов измерений..... | 47 |
| 2 Аварийное освещение | 48 |
| 2.1 Общие требования к видам аварийного освещения | 48 |
| 2.2 Нормы аварийного освещения | 50 |
| 2.3 Эвакуационные знаки безопасности | 52 |
| 2.3.1 Яркость эвакуационных знаков безопасности | 52 |
| 2.3.2 Равномерность яркости эвакуационных знаков безопасности..... | 53 |
| 3 Естественное освещение..... | 54 |
| 3.1 Выбор значений КЕО | 56 |
| 3.2 Проектирование естественного освещения | 57 |
| 3.3 Расчет естественного освещения | 62 |
| 3.4 Проверочный расчет КЕО при боковом освещении..... | 74 |
| 3.5 Проверочный расчет КЕО при верхнем освещении | 78 |
| 4 Совмещенное освещение | 85 |
| 4.1 Общие положения | 85 |
| 4.2 Выбор значений КЕО и освещенности при совмещенном освещении | 86 |
| 4.3 Проектирование совмещенного освещения | 87 |

| | |
|---|-----|
| 5 Проектирование естественного и совмещенного освещения типовых производственных помещений | 88 |
| 5.1 Основные производственные помещения предприятий машиностроения | 88 |
| 5.2 Помещения с зенитными и шахтными фонарями..... | 93 |
| 5.3 Рабочие кабинеты и здания управления | 95 |
| 6 Расчет времени использования естественного освещения в помещениях..... | 96 |
| 7 Техничко-экономическая оценка систем естественного освещения по энергетическим затратам | 102 |
| 8 Влияние освещенности на организм человека | 107 |
| 9 Эргономика освещения..... | 110 |
| Список литературы..... | 121 |

Термины, определения и сокращения

Аварийное освещение - освещение при аварийном отключении рабочего освещения для продолжения работы (освещение безопасности) или эвакуации людей из помещения (эвакуационное освещение).

Акцентирующее освещение - выделение светом отдельных деталей на менее освещенном фоне.

Антипаническое освещение (antipanic lighting): Вид эвакуационного освещения для предотвращения паники и безопасного подхода к путям эвакуации.

Боковое естественное освещение - естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

Блескость: Ощущение, возникающее при наличии в поле зрения повышенной яркости, которая вызывает дискомфортную и/или слепящую блескость, либо ощущение, вызываемое отражением светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего, - отраженная блескость.

Верхнее естественное освещение - естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания.

Геометрический коэффициент естественной освещенности ε , % - отношение естественной освещенности, создаваемой в рассматриваемой точке заданной плоскости внутри помещения светом, прошедшим через незаполненный световой проем и исходящим непосредственно от равномерно яркого неба. К одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым полностью небосводом; при этом участие прямого солнечного света в создании той и другой освещенности исключается.

Дежурное освещение - освещение в нерабочее время.

Дополнительное искусственное освещение - освещение, которое используется в течение рабочего дня в зонах с недостаточным естественным освещением.

Заливающее освещение - общее (равномерное или неравномерное) освеще-

ние всего фасада здания или сооружения или его существенной части световыми приборами.

Знак безопасности (safety sign): Знак, дающий информацию о мерах безопасности (запрещения, предписания или разрешения определенных действий) с помощью комбинации цвета, формы и графических символов или текста.

Знак безопасности с внешней подсветкой (externally illuminated safety sign): Знак безопасности, освещаемый извне.

Знак безопасности с внутренней подсветкой (internally illuminated safety sign): Знак безопасности, освещаемый изнутри.

Естественное освещение - освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Зрительная работа: Видение объекта, характеризуемое размером объекта различения, его яркостью, контрастом с фоном и продолжительностью работы.

Зона зрительной работы: Часть рабочей поверхности, на которой выполняют зрительную работу.

Зона непосредственного окружения: Зона шириной не менее 0,5 м, окружающая зону зрительной работы внутри поля зрения.

Зона периферии: Зона, следующая за зоной непосредственного окружения объекта наблюдения внутри поля зрения.

Комбинированное искусственное освещение помещений - освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

Комбинированное естественное освещение помещений - сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Контраст объекта различения с фоном K - отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

большим - при значении K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости);

средним - при значениях К от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости);

малым - при значениях К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Коэффициент естественной освещенности; КЕО (daylight factor) е, %:
Отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражения), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Коэффициент запаса K_3 - расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижения отражающих свойств поверхностей помещения.

Коэффициент пульсации освещенности $K_{П}$, % - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой:

$$K_{П} = 100(E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} ,$$

где E_{\max} и E_{\min} - соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк;

$E_{\text{ср}}$ - среднее значение освещенности за тот же период, лк.

Красное отношение, r_k - выраженное в процентах отношение красного светового потока к общему световому потоку источника света:

$$r_k = 100 \int_{610}^{700} \varphi(\lambda)V(\lambda)d\lambda / \int_{380}^{700} \varphi(\lambda)V(\lambda)d\lambda ,$$

где $\varphi(\lambda)$ - спектральная плотность потока;

$V(\lambda)$ - относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения.

Коэффициент эксплуатации (maintenance factor) MF, отн. ед.: Коэффициент, равный отношению освещенности или яркости в заданной точке, создаваемой осветительной установкой в конце установленного срока эксплуатации, к освещенности или яркости в той же точке в начале эксплуатации.

Коэффициент эксплуатации обратно пропорционален коэффициенту запаса КЗ: $MF = 1 / M \cdot K_3$.

Локальное освещение - освещение части здания или сооружения, а также отдельных архитектурных элементов при отсутствии заливающего освещения.

Местное освещение - освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

Минимальная освещенность (minimum illuminance) Е_{мин}, лк: Наименьшее значение освещенности в помещении, на освещаемом участке, в рабочей зоне.

Моделирующее освещение: Направленное освещение для объемного восприятия объектов, выявляющее глубину, контуры и текстуру объекта различения или человека.

Наружное архитектурное освещение - искусственное освещение фасадов зданий и сооружений, произведений монументального искусства и элементов городского ландшафта для обеспечения их художественной выразительности, отвечающее требованиям экологии зрительного восприятия и социально-экономической эффективности.

Неравномерность естественного освещения - отношение среднего значения к наименьшему значению КЕО в пределах характерного разреза помещения.

Объединенный показатель дискомфорта; UGR. Характеристика дискомфортной блескости.

Облачное небо МКО (по определению Международной комиссии по освещению - МКО) - небо, полностью закрытое облаками и удовлетворяющее условию, при котором отношение его яркости на высоте θ над горизонтом к яркости в зените равно $(1+2 \sin \theta)/3$.

Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

Общее освещение - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Освещенность (illuminance) E , лк: Физическая величина, определяемая отношением светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого элемента.

Освещение путей эвакуации (escape route lighting): Вид эвакуационного освещения для надежной идентификации и безопасного использования путей эвакуации.

Освещение зон повышенной опасности (high risk task area lighting): Вид эвакуационного освещения для безопасного завершения потенциально опасного рабочего процесса.

Относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения с длиной волны λ (spectral luminous efficiency) $V(\lambda)$, отн. ед.: Отношение двух потоков излучения с длинами волн λ_m и λ соответственно, вызывающих в точно определенных фотометрических условиях зрительные ощущения одинаковой силы. Длину волны λ выбирают так, чтобы максимальное значение этого отношения равнялось единице.

Относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения $V(\lambda)$ с длиной волны λ - отношение двух потоков излучения соответственно с длинами волн λ_m и λ , вызывающих в точно определенных фотометрических условиях зрительные ощущения одинаковой силы; при этом длина

волны λ_m выбрана таким образом, что максимальное значение этого отношения равно единице.

Отраженная блескость - характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего, определяющая снижение видимости вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности и вуалирующего действия, снижающего контраст между объектом и фоном.

Охранное освещение (security lighting): Разновидность рабочего освещения при отсутствии специальных технических средств охраны вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

Показатель дискомфорта M - критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой:

$$M = L_c \omega^{0.5} / \varphi_{ад}^{0.5},$$

где φ - индекс позиции близкого источника относительно линии зрения;

$L_{ад}$ - яркость адаптации, кд/м².

Показатель ослепленности P - критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением

$$P = (S-1)1000,$$

где S - коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Полуцилиндрическая освещенность - характеристика насыщенности светом пространства и тенеобразующего эффекта освещения для наблюдателя, движущегося по улице параллельно ее оси. Определяется как средняя плотность светового потока на поверхности вертикально расположенного на продольной линии

улицы на высоте 1,5 м полуцилиндра, радиус и высота которого стремятся к нулю. Расчет полуцилиндрической освещенности производится инженерным методом.

Помещения без естественного света - помещения, в которых коэффициент естественной освещенности (КЕО) в точке нормирования ниже 0,1.

Помещения с недостаточным естественным светом - помещения, в которых коэффициент естественной освещенности в точке нормирования ниже нормированного значения для естественного освещения.

Пути эвакуации (escape route): Пути для эвакуации людей в аварийной ситуации.

Рабочая поверхность - поверхность, на которой производится работа и на которой нормируется или измеряется освещенность.

Рабочее освещение (work lighting): Освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и местах производства работ вне зданий.

Равномерность освещенности; U_Q : Отношение значения минимальной освещенности к значению средней на заданной поверхности.

Резервное освещение (standby lighting): Вид аварийного освещения для продолжения работы в случае отключения рабочего освещения.

Селитебная территория - территория, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, в том числе научно-исследовательских институтов и их комплексов, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон; для устройства путей внутригородского сообщения, улиц, площадей, парков, садов, бульваров и других мест общего пользования.

Система указания путей эвакуации (safety way guidance system): Система, обеспечивающая однозначность информации и достаточное число эвакуационных знаков безопасности, позволяющих людям эвакуироваться из места расположения в случае возникновения опасности вдоль установленных путей эвакуации.

Совмещенное освещение - освещение, при котором одновременно применяется естественное и искусственное освещение.

Средневзвешенный коэффициент отражения - коэффициент отражения, усредненный по площади (фасада, помещений, рабочей поверхности и т.п.)

Средний коэффициент естественной освещенности (average daylight factor) e_{av} , %: Среднее значение коэффициента естественной освещенности по площади помещения или части помещения.

Средняя освещенность (average illuminance) E_{cp} , лк: Освещенность, усредненная по площади освещаемого помещения, участка, рабочей зоны.

Средняя освещенность улиц, дорог и площадей - освещенность, средневзвешенная по площади.

Средняя яркость дорожной поверхности - средневзвешенная по площади яркость сухих дорожных покрытий в направлении глаз наблюдателя, находящегося на оси движения транспорта.

Стробоскопический эффект - явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете, возникающее при совпадении кратности частотных характеристик движения объектов и изменения светового потока во времени в осветительных установках, выполненных газоразрядными источниками света, питаемыми переменным током.

Условная рабочая поверхность - условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Фон - прилегающая непосредственно к объекту различения поверхность, на которой этот объект рассматривается. Фон считается:

светлым - при коэффициенте отражения поверхности более 0,4;

средним - при коэффициенте отражения поверхности от 0,2 до 0,4;

темным - при коэффициенте отражения поверхности менее 0,2.

Характерный разрез помещения - поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при

боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

Цветовая температура T_c - температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого стимула, К.

Цветопередача - общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником света.

Цилиндрическая освещенность (cylindrical illuminance) **E_c** , лк: Характеристика насыщенности помещения светом, определяемая как средняя плотность светового потока на поверхности вертикально расположенного в помещении цилиндра, радиус и высота которого стремятся к нулю.

Эвакуационное освещение (escape lighting): Вид аварийного освещения для эвакуации людей или завершения потенциально опасного процесса.

Эвакуационный выход (emergency exit): Выход, предназначенный для использования в аварийной ситуации.

Эксплуатационная освещенность; $E_{экс}$: Минимально допустимое значение средней освещенности $E_{ср}$ на заданной поверхности.

Примечание - Это значение освещенности должно быть обеспечено в течение всего времени эксплуатации ОУ.

ИС - источник света;

КЦТ - коррелированная цветовая температура источника света $T_{кцт}$;

ОП - осветительный прибор.

1 Освещение рабочих мест

Через органы зрения человек получает 80% информации о внешнем мире.

Свет не только обеспечивает связь организма с внешней средой, но и обладает высоким биологическим и тонизирующим действием.

Правильно спроектированное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда, оказывает положительное психологическое воздействие.

В зависимости от источника света освещение может быть двух видов: естественное и искусственное (рисунок 1).

Естественное освещение создается рассеянным светом небосвода или солнечным светом.

Искусственное освещение создается светильниками с двумя типами ламп - накаливания и газоразрядными.

По характеру освещение подразделяется на следующие виды:

Естественное освещение:

- обычное,
- совмещённое (естественное, дополненное искусственным),
- боковое естественное (через световые проёмы в стенах),
- верхнее естественное (через фонари, проёмы в перекрытии),
- комбинированное естественное (сочетание верхнего и бокового освещения).

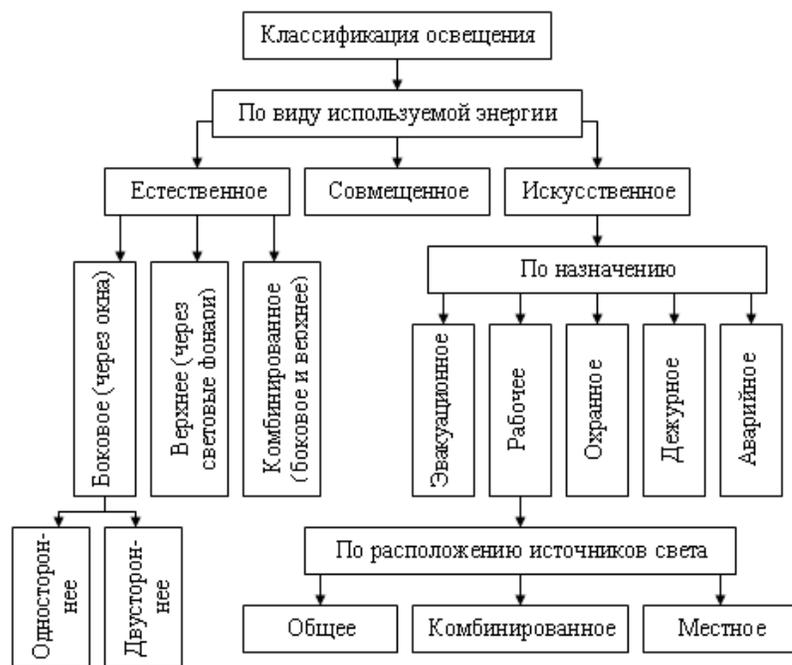


Рисунок 1 - Классификация освещения

Искусственное освещение:

- общее (светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования),
- местное (дополнительное к общему; создаётся светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах),
- комбинированное (к общему освещению добавляется местное).

По назначению искусственное освещение подразделяется на:

- рабочее,
- аварийное (для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения);
- эвакуационное (на лестницах и в проходах),
- охранное (в нерабочее время, вдоль границ охраняемой территории в ночное время),
- дежурное.

Эти типы освещения должны составлять не менее 10% от рабочего освещения.

Естественная и искусственная освещённость нормируется в зависимости от характера зрительной работы (наивысшей точности, очень высокой точности, высокой точности, средней точности, малой точности, грубая работа, работа со светящимися материалами и изделиями, общее наблюдение), размеры объекта различения (0,15 мм и более), разряда и подразряда зрительной работы (от I до VII и от а до г), контраста объекта различения с фоном (малый, средний, большой) и характеристики фона (тёмный, средний, светлый).

1.1 Требования к освещению рабочих мест

При проектировании ОУ для правильного объемного восприятия объектов различения используют моделирующее освещение.

Рекомендуемая шкала нормируемых значений средней освещенности $E_{\text{ср}}$:

20–30–40–50–75–100–150–200–300–400–500–600–750–1000–1250–1500–
2000–2500–3000–3500–4000–4500–5000 лк.

Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк.

Расчет освещенности проводят с использованием сетки для определения числа и расположения точек расчета.

Пример определения числа точек в сетке для расчета освещенности приведен в приложении А.

Равномерность освещенности должна быть не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10 – для зоны периферии.

При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк – на потолке.

Значение освещенности в зоне периферии должно быть не более 1/3 освещенности зоны непосредственного окружения. Значения освещенности в зоне непосредственного окружения в зависимости от освещенности в зоне зрительной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения освещенности

| Еср зоны зрительной работы, лк | Еср зоны непосредственного окружения, лк, не менее |
|--------------------------------|--|
| Св. 750 включ. | 500 |
| 500 | 300 |
| 300 | 200 |
| 200 | 150 |
| 150 | 150 |
| 100 | 100 |
| До 50 | До 50 |

В помещениях, где необходим обзор окружающего пространства (например, концертные, зрительные залы, фойе театров, рекреации), а также в помещениях, к которым предъявляют специальные архитектурно-художественные требования (например, торговые залы магазинов, выставочные залы), нормируют цилиндрическую освещенность.

Значения цилиндрической освещенности $E_{ц}$ в зависимости от уровня требований к насыщенности помещения светом приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения цилиндрической освещенности $E_{ц}$

| Уровень требований к насыщенности помещения светом | $E_{ц}$, лк, не менее |
|--|------------------------|
| Высокий | 100 |
| Нормальный | 75 |
| Низкий | 50 |

При проектировании ОУ для исключения или снижения уровня отраженной блескости необходимо обеспечивать правильное взаимное расположение светильников и рабочей поверхности, ограничение яркости и/или увеличение светящей части поверхности светильников, учитывать коэффициенты отражения материалов отделки потолка и стен.

Значения защитных углов отражателей и экранирующих решеток ОП в зависимости от яркости ИС приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения защитных углов отражателей и экранирующих решеток

| Яркость ИС, ккд/м ² | Защитный угол, не более |
|--------------------------------|-------------------------|
| Св. 20 до 50 включ. | 15° |
| Св. 50 до 500 включ. | 20° |
| > 500 | 30° |

Примечание – Приведенные значения не распространяются на ОП отраженного света и ОП, расположенные ниже линии зрения.

Коэффициенты отражения окружающих поверхностей должны быть:

- от 0,7 до 0,9 – для потолков;
- от 0,5 до 0,8 – для стен;
- от 0,2 до 0,7 – для рабочих поверхностей;
- от 0,2 до 0,4 – для пола.

Коэффициент пульсации освещенности K_p в помещениях, где возможно возникновение стробоскопического эффекта и есть опасность прикосновения к вращающимся или вибрирующим объектам, – не более 10 %.

Примечание – Коэффициент пульсации не нормируют в помещениях с временным пребыванием людей при отсутствии условий для возникновения стробоскопического эффекта.

Значения коэффициента эксплуатации MF в зависимости от вида помещений по содержанию загрязняющих веществ в воздушной среде, степени защиты светильников IP по пыли и числа N чисток светильников в год приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Значения коэффициента эксплуатации MF

| Виды помещений по содержанию загрязняющих веществ в воздушной среде | Коэффициент эксплуатации и число чисток светильников для степени защиты IP по пыли | | | | | |
|--|--|---|------|---|------|---|
| | 2, 4 | | 5 | | 6 | |
| | MF | N | MF | N | MF | N |
| Агломерационные фабрики, цементные заводы (содержание пыли, дыма, копоти св. 5 мг/м ³) | – | – | 0,59 | 6 | 0,63 | 4 |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | |
|--|------|---|------|---|------|---|
| Кузнечные, мартеновские, химические цеха (содержание пыли, дыма, копоти 1–5 мг/м ³ , пары кислот и щелочей) | 0,56 | 6 | 0,63 | 4 | 0,63 | 2 |
| Инструментальные, сборочные, пошивочные цехи (содержание пыли, дыма, копоти менее 1 мг/м ³) | 0,67 | 4 | 0,71 | 2 | 0,71 | 1 |
| Горячие цеха предприятий общественного питания, прачечные, душевые | 0,59 | 2 | 0,63 | 2 | 0,63 | 2 |
| Офисы, жилые и учебные помещения, торговые залы | 0,71 | 2 | 0,71 | 1 | 0,71 | 1 |

Для рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами или мониторами, допустимые значения габаритной яркости ОП, отражающихся в экранах мониторов, в зависимости от яркости экранов/мониторов приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Допустимые значения габаритной яркости

| Класс представления информации | Габаритная яркость ОП, кд/м ² | Яркость экранов/мониторов, кд/м ² |
|----------------------------------|--|--|
| А – темные знаки на светлом фоне | До 1500 включ. До 3000 включ. | До 200 включ. Св. 200 |
| В – светлые знаки на темном фоне | До 1000 включ. До 1500 включ. | До 200 включ. Св. 200 |

Примечание – Значения габаритной яркости ОП определяют под углом не менее 65° от вертикали для рабочих мест, в которых находятся дисплейные экраны с углом наклона 150°. Для рабочих мест, для которых необходимы более чувствительные экраны или экраны с регулируемым наклоном, значения габаритной яркости ОП определяют под углом не более 55°.

1.2 Нормы освещения

Нормы освещенности $E_{экс}$ и равномерности освещенности U_0 в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности K_p , объединенного показателя дискомфорта UGR и общего индекса цветопередачи R_a ИС для различных помещений и вида зрительной работы приведены в таблицах 6–42.

Примечание – Значения индекса R_a ИС на стадии проектирования уточняют у изготовителя.

Таблица 6 – Зоны движения и вспомогательные помещения внутри зданий

| Наименование помещения | $E_{экс}$, лк | U_0 , не менее | UGR , не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Пути движения и коридоры* | 100** | 0,40 | 28 | 40 | – |
| Лестницы, эскалаторы, движущиеся тротуары | 100 | | 25 | 40 | |
| Погрузочно-разгрузочные зоны | 150 | | | | |

* Необходимо дополнительное освещение выходов и входов и ограничение блескости для водителей и пешеходов.
 ** Норма освещенности на уровне пола. Норму повышают до 150 лк при наличии движения.

Таблица 7 – Помещения для отдыха, санитарно-бытовые помещения, здравпункты

| Наименование помещения | $E_{экс}$, лк | U_0 , не менее | UGR , не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Столовые, буфеты | 200 | 0,40 | 22 | 80 | 20 |
| Комнаты отдыха | 100 | | | | |
| Комнаты физических упражнений | 300 | | 25 | | 15 |
| Гардеробы, умывальные, ваннные комнаты, туалеты | 200 | | | | |
| Лазарет | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 15 |
| Комнаты медицинского осмотра* | 500 | | 16 | | 10 |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 \leq T_{кц} \leq 6500$ К.

Таблица 8 – Помещения связи

| Наименование помещения | $E_{\text{экс}}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{\text{п}}$, %, не более |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| Комнаты оборудования, коммутаторные | 200 | 0,40 | 25 | 60 | 20 |
| Телеграф, почта | 500 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |

Таблица 9 - Склады

| Наименование помещения | $E_{\text{экс}}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{\text{п}}$, %, не более |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| Склады и кладовые | 100* | 0,40 | 25 | 60 | 20 |
| Места упаковки | 300 | 0,60 | | | |

* Норму повышают до 200 лк при длительном пребывании работающих в помещении.

Таблица 10 - Механизированные склады

| Наименование помещения | $E_{\text{экс}}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{\text{п}}$, %, не более |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| Проезжие пути без пешеходов | 20* | 0,40 | - | 40 | - |
| Проезжие пути с пешеходами | 150* | | 22 | 60 | |
| Станции контроля | 150 | 0,60 | | - | 80 |
| Места складирования | 200 | 0,40 | - | 60 | |

* Норма освещенности на уровне пола.

Таблица 11 - Сельское хозяйство

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{\text{экс}}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{\text{п}}$, %, не более |
|--|-----------------------|------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| Погрузка и распределение товара ручным и механизированным способом | 200 | 0,40 | 25 | 80 | 20 |
| Стойла для домашнего скота | 50 | | - | 40 | - |
| Загон для больных животных, стойла для отела | 200 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Приготовление корма, мытье утвари | 200 | | | | |

Таблица 12 - Хлебопекарни

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | E _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|--|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Приготовление и выпечка | 300 | 0,60 | 22 | 80 | 15 |
| Отделка, глазирование, украшение | 500 | 0,70 | | | |

Таблица 13 - Производство бетона, цемента, кирпича и изделий из них

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | E _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Сушка* | 50 | 0,40 | 28 | 20 | - |
| Изготовление изделий, работы по разбиванию и смешиванию | 200 | | | 40 | 20 |
| Общие работы на машинах | 300 | 0,60 | 25 | 80 | |
| Грубая работа | 300 | | | | |

* Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026.

Таблица 14 - Производство керамики, плит, стекла и изделий из них

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | E _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Сушка* | 50 | 0,40 | 28 | 20 | - |
| Подготовка материалов и общие работы на машинах | 300 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Покрывание эмалью, прокатка, прессование, формообразование, покрывание глазурью, выдувание стекла | 300 | | | | |
| Шлифовка, гравировка, полировка, формообразование точных частей, обработка стекла инструментом | 750 | 0,70 | 19 | 90 | 10 |
| Шлифовка оптического стекла, кристаллов, ручное гранение (алмазов), гравировка | 750 | | 16 | | |
| Тонкие работы, в т.ч. ручная роспись** | 1000 | | | | |
| Изготовление искусственных драгоценных камней** | 1500 | | | | |

* Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026. ** КЦТ ИС должна быть в диапазоне 4000 < T_ш < 6500 К.

Таблица 15 - Парикмахерские

| Наименование помещения | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|------------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Парикмахерские | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 10 |

Таблица 16 - Химическая, пластмассовая и резиновая промышленности

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|---|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Производственные процессы с дистанционным обслуживанием* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |
| Производственные процессы с частичным применением ручного труда | 150 | | 28 | 40 | |
| Постоянная ручная работа на производственных установках | 300 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Помещения для точных измерений, лаборатории | 500 | | 19 | | 10 |
| Фармацевтическое производство | 500 | | 22 | | 15 |
| Производство шин | 500 | | | | |
| Контроль цвета** | 1000 | 0,70 | 16 | 90 | 10 |
| Раскрой, отделка, контроль | 750 | | 19 | 80 | |

* Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026. ** КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{ш} < 6500$ К.

Таблица 17 - Электротехническая промышленность

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|--|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Изготовление кабелей и проводов | 300 | 0,60 | 25 | | 20 |
| Намотка на катушки: | | | | | |
| - большие | 300 | 0,60 | 25 | | 20 |
| - средние | 500 | 0,60 | 22 | | 15 |
| - малые | 750 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Пропитка катушек | 300 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Гальваника | 300 | | 25 | | |
| Монтажные операции: | | | | | |
| - грубые | 300 | 0,60 | 25 | | 20 |

Продолжение таблицы 17

| | | | | | |
|--|------|------|----|------|---------|
| - средней точности | 500 | 0,60 | 22 | | 15 |
| - высокой точности | 750 | | | 0,70 | 19 10 |
| - сверхточные | 1000 | | | 0,70 | 16 10 |
| Производство электронной техники, испытание и контроль | 1500 | | | 0,70 | 10 |

Таблица 18 - Прачечные и химчистки

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | $E_{\text{экс, лк}}$ | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|--|----------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Прием, учет и сортировка белья | 300 | | | | |
| Стирка и сухая чистка | 300 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Глажка утюгом и под прессом | 300 | | | | |
| Контроль и ремонт | 750 | 0,70 | 19 | | 10 |

Таблица 19 - Ювелирное производство

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | $E_{\text{экс, лк}}$ | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|--|----------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Обработка драгоценных камней* | 1500 | 0,70 | 16 | 90 | 10 |
| Изготовление ювелирных изделий | 1000 | | | | |
| Ручная сборка часов | 1500 | | | 80 | |
| Автоматическая сборка часов | 500 | 0,60 | 19 | | 15 |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{\text{кц}} < 6500 \text{ К}$.

Таблица 20 - Бумажное производство

| Наименование помещения, зрительной работы и работы деятельности | $E_{\text{экс, лк}}$ | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Перемешивание бумажной массы | 200 | 0,40 | 25 | 80 | 20 |
| Производство бумаги, картона | 300 | 0,60 | | | |
| Стандартные переплетные работы: разрезка, обрезка, фальцовка, шитье, приклейка форзацев | 500 | | 22 | | 15 |

Таблица 21 - Магазины

| Наименование помещения | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Торговые залы | 300 | 100 | 0,40 | 22 | 80 | 15 |
| Кассовые узлы | 500 | - | 0,60 | 19 | | 10 |
| Места упаковки | 500 | | | | | 15 |

Таблица 22 - Пищевая промышленность

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Рабочие места и зоны: пивоваренные и солодовые этажи; помещения для мытья, розлива в бочки, чистки, просеивания, очистки; помещения консервных и шоколадных заводов для готовки; помещения сахарных заводов; помещения для сушки и обогащения табака, подвалы для брожения | 200 | 0,40 | 25 | | - |
| Сортировка и мойка продукции, дробление, смешивание, упаковка | 300 | | | | 20 |
| Рабочие места и критические зоны: помещения бойни скота и мясоразделочных цехов; у мукомольных машин; на участках фильтрования для рафинирования сахара | 500 | 0,60 | | 80 | 15 |
| Рубка и сортировка фруктов и овощей | 300 | | | | 20 |
| Изготовление деликатесных продуктов, работа на кухне, производство сигар и сигарет | 500 | | 22 | | 15 |
| Контроль стеклянных изделий и бутылок, снятие заусенцев, сортировка, декорирование | 500 | | | | |

Продолжение таблицы 22

| | | | | | |
|---|------|------|----|----|----|
| Лаборатории | 500 | | 19 | | 10 |
| Контроль цвета* | 1000 | 0,70 | 16 | 90 | |
| * КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{ш} < 6500$ К. | | | | | |

Таблица 23 - Электростанции

| Наименование помещения | $E_{экс}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Заводы, поставляющие топливо* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |
| Котельные | 100 | | 28 | 40 | |
| Машинные залы | 200 | | 25 | 80 | 20 |
| Бойлерные, холодильные, электро-щитовые (внутри здания) | 200 | | | | |
| Помещения контроля ** | 500 | 0,70 | 16 | 80 | 15 |
| * Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026. | | | | | |
| ** При наличии мониторов необходимо соблюдать требования. | | | | | |

Таблица 24 - Литейное производство

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_0 , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Подземные проходы, подвалы* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |
| Платформы | 100 | | 25 | 80 | |
| Чистка песком | 200 | | | | |
| Помещения для одежды | 200 | | | | |
| Рабочие места у купола и смесителя | 200 | | | | |
| Литейные цеха | 200 | | | | |
| Участки выбивания опок | 200 | | | | |
| Машинное формование | 200 | 0,60 | 22 | 15 | |
| Ручное формование | 300 | | | | |
| Литье под давлением | 300 | | | | |
| Изготовление моделей | 500 | | | | |
| * Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026. | | | | | |

Таблица 25 - Кожевенное производство

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс.} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|--|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Работы с чанами, бочками, рябинами на коже | 200 | 0,40 | 25 | 40 | 20 |
| Мездрение, разрезание, натирание, переворачивание кожи | 300 | | | 80 | |
| Шорное производство | 500 | 0,60 | 22 | 90 | 15 |
| Сортировка* | 500 | | | 80 | |
| Покраска выделанной кожи (машинная) | 500 | | | 80 | |
| Контроль качества | 1000 | 0,70 | 19 | 90 | 10 |
| Контроль цвета | 1000 | | 16 | | |
| Пошив обуви | 500 | 0,60 | 22 | 80 | 15 |
| Изготовление перчаток | 500 | | | | |
| КЦТ ИС должна быть в диапазоне 4000 < Tкц < 6500 К. | | | | | |

Таблица 26 - Типографии

| Наименование зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс.} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|--|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Резка, обрезка, подготовка, печать (набор) на машине | 500 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |
| Сортировка бумаги и ручной набор | 500 | | | | |
| Печать | 1000 | 0,70 | 16 | 90 | 10 |
| Цветовой контроль сложных по цвету изделий* | 1500 | | | | |
| Стальное и медное гравирование** | 2000 | | | 80 | |
| * КЦТ ИС должна быть в диапазоне 4000 < Tкц < 6500 К. ** КЦТ ИС должна быть не менее 5000 К. | | | | | |

Таблица 27 - Помещения общего назначения культурно-зрелищных учреждений

| Наименование помещения | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | К _п , %, не более |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Вестибюль при входе в здание | 100 | - | 0,40 | 22* | 80 | 20 |
| Гардеробы | 200 | | | 25 | | |
| Холлы | 200 | 75 | 22 | | | |
| Кассы | 300 | - | 0,60 | | | |

* Справочная норма.

Таблица 28 - Библиотеки

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | К _п , %, не более |
|---|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Помещения фонда открытого доступа | 200 | - | 0,40 | 19 | 80 | - |
| Зоны чтения | 500 | | 0,60 | | | 10 |
| Выдача книг | 500 | 75 | | | | |

Таблица 29 - Театры, концертные залы

| Наименование помещения | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | К _п , %, не более |
|------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Артистические | 300 | 100 | 0,60 | 22 | 90 | 20 |

Таблица 30 - Металлообработка

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | К _п , %, не более |
|--|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Открытая ковка (штамповка) | 200 | | | | |
| Штамповка с понижением температуры | 300 | | 25 | | |
| Сварка | 300 | 0,60 | | | 20 |
| Работы грубой и средней точности: размер объекта различения > 0,1 мм | 300 | | 22 | | |
| Очень точные работы: размер объекта различения < 0,1 мм | 500 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Контроль | 750 | | | | |
| Метало- и трубопрокатные цеха, холодная формовка | 300 | | 25 | | 20 |

Продолжение таблицы 30

| | | | | | |
|--|------|------|-------|----|-------|
| Механическая обработка листов толщиной более 5 мм | 200 | 0,60 | | | - |
| Ручная обработка листов толщиной менее 5 мм | 300 | | 22 | 80 | 15 |
| Инструментальные работы на оборудовании для резки | 750 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Сборка: - грубая; | 200 | 0,60 | 25 | | 20 |
| средняя; | 300 | 0,60 | 25 22 | | 20 15 |
| точная; | 500 | 0,60 | | | |
| - высокоточная | 750 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Гальванизация | 300 | 0,60 | 25 | | 20 |
| Обработка поверхности и окраска | 750 | | | | |
| Изготовление шаблонов, ручного инструмента, точная механика, микромеханика | 1000 | 0,70 | 19 | | 10 |

Таблица 31 - Выставки и ярмарки

| Вид освещения | $E_{экс}$, лк | $E_{ц}$, лк, не менее | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---------------|----------------|------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Общее | 300 | 75 | 0,40 | 22 | 80 | 20 |

Таблица 32 - Автомобильная промышленность

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | K_p , %, не более |
|---|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Работы по корпусу и сборка | 500 | 0,60 | 22 | 80 | 15 |
| Помещения окраски, полировка | 750 | 0,70 | | | 19 |
| Окраска ручная, контроль* | 1000 | | | | |
| Драпировка тканью вручную | 1000 | | | | |
| Приемочный контроль | 1000 | | 80 | | |
| Общий автосервис | 300 | 0,60 | | 22 | 20 |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{ц} < 6500$ К.

Таблица 33 - Металлургическое производство

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|---|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Автоматизированное производство* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |
| Производство с кратковременными ручными операциями | 150 | | 28 | 40 | |
| Производство с продолжительными ручными операциями | 200 | 0,60 | 25 | 80 | 20 |
| Склады заготовок* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |
| Обслуживание печей* | 200 | 0,40 | 25 | 20 | 20 |
| Прокатный стан | 300 | 0,60 | | 40 | |
| Контрольные платформы и панели | 300 | | 22 | 80 | |
| Контроль качества | 500 | | | | 15 |
| Подземные туннели, подвалы* | 50 | 0,40 | - | 20 | - |

* Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026.

Таблица 34 - Детские дошкольные учреждения

| Наименование помещения | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|-----------------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Игровые и групповые комнаты | 300 | 0,40 | 22 | 80 | 10 |
| Комнаты ручного труда | 300 | 0,60 | 19 | | |

Таблица 35 - Деревообрабатывающая промышленность

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | $E_{экс}$, лк | U_o , не менее | UGR, не более | R_a , не менее | $K_{п}$, %, не более |
|--|----------------|------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Автоматизированные процессы сушки, изготовления фанеры | 50 | 0,40 | 28 | 40 | - |
| Гидротермическая обработка | 150 | | | | |
| Лесопильная рама | 300 | 0,60 | 25 | 60 | 10 |
| Работы клеильно-прессованные, сборка | 300 | | | 80 | 20 |
| Полировка, окраска, высококачественная отделка | 750 | 0,70 | 22 | 80 | 10 |
| Механизированная деревообработка: обточка, обрезка, шлифовка, нарезка, пилка | 500 | 0,60 | 19 | | |
| Отбор сырья для производства фанеры* | 750 | 0,70 | 22 | | |
| Мозаичные, инкрустационные работы* | 750 | | | | |
| Контроль качества* | 1000 | | 19 | | |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{кц} < 6500$ К.

Таблица 36 - Административные здания

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Раздевалки, проходы, зоны движения | 300 | - | 0,40 | 19 | 80 | 20 |
| Письмо, машинопись, чтение, обработка данных* | 500 | | 0,60 | | | 10 |
| Техническое черчение | 750 | | 0,70 | | | 5 |
| Рабочие места с видеотерминалами* | 500 | | | | | |
| Конференц-залы, комнаты переговоров | 500 | 100 | 0,60 | | | 10 |
| Приемные секретарей | 300 | | | 22 | | 15 |
| Архивы | 200 | | 0,40 | 25 | | 20 |

* При наличии мониторов необходимо соблюдать требования 4.9.

Таблица 37 - Текстильная промышленность

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | Е _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|--|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Рабочие места, в ваннах и кипах подготовки хлопка | 200 | 0,60 | 25 | 60 | 20 |
| Чесальные, мочные, гладильные работы, окрашивание, гребнечесальные работы, сортировка, кройка, прядение, джутовое и пеньковое прядение | 300 | | 22 | 80 | 10 |
| Прядение, намотка, сушка | 500 | | | | |
| Деформирование, переплетение нитей, обшивание тесьмой, вязание | 500 | | | | |
| Шитье, точное вязание, стегание | 750 | 0,70 | | 90 | 15 |
| Ручное моделирование, кройка* | 750 | | | | |
| Отделка, окраска | 500 | 0,60 | | 80 | |
| Сушильные помещения | 100 | 0,40 | 28 | 60 | - |
| Автоматическая печать на ткани | 500 | 0,60 | 25 | 80 | 15 |
| Очищение суровья от посторонних узлов, протравление, отделка | 1000 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Цветовой контроль, контроль качества* | 1000 | | 16 | | |
| Художественная штопка* | 1500 | | 19 | | |
| Шляпное производство | 500 | 0,60 | 22 | 80 | 15 |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{кц} < 6500$ К.

Таблица 38 - Рестораны и гостиницы

| Наименование помещения | E _{экс} , лк | E _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Регистратура, стойки портье | 300 | | 0,60 | 22 | 80 | 20 |
| Кухни | 500 | | | | | 15 |
| Рестораны, обеденные залы, функциональные комнаты | - | | - | - | | |
| Рестораны самообслуживания | 200 | | 0,40 | 22 | | - |
| Буфеты | 300 | | 0,60 | 22 | | 20 |
| Конференц-залы | 500 | | | 100 | | 19 |
| Коридоры | 100* | | - | 0,40 | | 25 |

* Допускается снижение нормы освещенности в ночное время.

Таблица 39 - Гаражи

| Наименование помещения | E _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| Зоны въезда/выезда (днем)* | 300 | 0,40 | 25 | 40 | 20 |
| Зоны въезда/выезда (ночью)* | 75 | | | | - |
| Проезжие пути* | | | Места парковки* | | - |
| Кассы** | 300 | 0,60 | 19 | 80 | 20 |

* Цвета и знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026.
** Нормы установлены при отсутствии блескости и наружного отражения окон.

Таблица 40 - Аэропорты

| Наименование помещения | E _{экс} , лк | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более |
|---|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Залы прилета/вылета, выдача багажа | 200 | 0,40 | 22 | 80 | 20 |
| Зоны движения, эскалаторы, транспортные ленты | 150 | | | | - |
| Информационные и расчетные узлы* | 500 | 0,70 | 19 | | 10 |
| Зоны паспортного контроля | | | | | - |
| Зоны ожидания | 200 | 0,40 | 22 | | 20 |
| Багажное отделение | 200 | | 25 | | |
| Зона таможенной службы* | 300 | 0,60 | 19 | | 10 |
| Диспетчерские вышки управления полетом** | 500 | | 16 | | 10 |
| Ангары для контроля и отправления самолетов | 500 | | 0,60 | | 22 |
| Зоны контроля двигателей | | | | | |
| Зоны для измерений в ангарах | | | | | |

* При наличии мониторов необходимо соблюдать требования 4.9.
** Следует исключать блескость, а также соблюдать требования 4.9 при наличии мониторов.

Таблица 41 - Учебные заведения

| Наименование помещения, поверхности | Е _{экс} , лк | Е _ц , лк, не менее | U _о , не менее | UGR, не более | R _а , не менее | K _п , %, не более | | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------------------|------|------|----|------|----|----|----|
| Классы, комнаты преподавателей | 300 | - | 0,60 | 19 | 80 | 15 | | | | | | | |
| Классы вечернего обучения, обучения взрослых и лекционные залы | 500 | | | | | 10 | | | | | | | |
| Столы для показа, черные доски | 500 | | | | | | 0,70 | | | | | | |
| Комнаты для рисования | 500 | | | | | | 0,60 | | | | | | |
| Классы изостудии в художественных школах* | 750* | | | | | | 0,70 | | | | | | |
| Комнаты технического черчения | 750 | | | | | | 0,70 | 16 | | | | | |
| Кабинеты, лаборатории и кабинеты труда | 500 | | | | | | 0,60 | 19 | 22 | 15 | | | |
| Учебные мастерские | 500 | | | | | | | | | 10 | | | |
| Комнаты для музыкальных занятий | 300 | | | | | | | | | | 5 | | |
| Компьютерные классы** | 300 | | | | | | | | | | | 10 | |
| Классы по изучению языка | 300 | | | | | | | | | | | | 20 |
| Подготовительные классы и ма- стерские | 500 | 22 | | | | | | | | | | | |
| Вестибюли | 200 | | 75 | 22 | | | | | | | | | |
| Рекреации, коридоры | 100 | | 50 | 25 | | | | | | | | | |
| Лестницы | 150 | | - | 0,40 | | | | | | | | | |
| Общие комнаты для студентов и ак- товые залы | 200 | | 100 | 0,60 | 19 | 10 | | | | | | | |
| Библиотеки: | 200 | | | | | | | | | | | | |
| полки; столы для чтения | 500 | | | | | | | | | | | | |
| Комнаты хранения demonstraци- онного материала | 100 | | | | | | - | 0,40 | 25 | - | | | |
| Спортзалы, общие бассейны | 300 | | | | | | 0,60 | 22 | 20 | | | | |
| Столовые | 200 | | | | | | | | | 0,40 | | | |
| Кухни | 500 | | | | | | | | | 0,60 | 10 | | |

* КЦТ ИС должна быть в диапазоне $4000 < T_{кц} < 6500$ К.

** При наличии мониторов необходимо соблюдать требования 4.9.

Таблица 42 - Учреждения здравоохранения

| Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности | E _{экс, лк} | U _{о, не менее} | UGR, не более | R _{а, не менее} | K _{п, %, не более} |
|---|----------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| Многоцелевые помещения | | | | | |
| Комнаты ожидания | 200 | 0,40 | 22 | 80 | 20 |
| Коридоры днем | 100 | | | | - |
| Коридоры ночью | 50 | | | | |
| Помещения для персонала | | | | | |
| Административные помещения | 500 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |
| Комнаты персонала | 300 | | | | 20 |
| Больничные палаты | | | | | |
| Общее освещение | 100* | 0,40 | | | |
| Освещение для чтения | 300 | 0,70 | 19 | 80 | 15 |
| Обычный осмотр | 300 | 0,60 | | | |
| Исследование и лечение | 1000 | 0,70 | | 90 | 10 |
| Ночное освещение | 5 | - | | 80 | |
| Туалеты, ванные комнаты | 200 | 0,40 | 22 | 80 | |
| Кабинеты общего обследования и лечения | | | | | |
| Общее освещение** | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 10 |
| Обследование и лечение | 1000 | 0,70 | | | |
| Кабинеты отоларингологов | | | | | |
| Общее освещение | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 10 |
| Обследование | 1000 | - | | | |
| Кабинеты окулистов | | | | | |
| Общее освещение** | 500 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |
| Обследование | 1000 | - | | 90 | 10 |
| Чтение таблиц с тестами на видение и цветоразличение | 500 | 0,70 | 16 | 90 | 10 |
| Кабинеты компьютерной диагностики | | | | | |
| Общее освещение | 300 | 0,60 | | | |
| Помещения для обследования*4 | 50 | - | 19 | 80 | 15 |
| Специализированные кабинеты | | | | | |
| Диализа | 500 | | | 80 | 15 |
| Дерматологии | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 10 |
| Эндоскопии | 300 | | | 80 | 15 |

Продолжение таблицы 42

| | | | | | |
|---|---------|------|----|----|----|
| Перевязочные | 500 | | | 80 | 10 |
| Специальные ванны комнаты, радиотерапия, массаж, физиотерапия | 300 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |
| Операционные | | | | | |
| Комнаты подготовки к операции | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 10 |
| Общее освещение операционных | 1000 | | | | |
| Операционное поле | 104-105 | - | | | |
| Помещения интенсивной терапии | | | | | |
| Общее освещение | 100* | 0,60 | | | 20 |
| Общее обследование | 300*** | 0,60 | | | 15 |
| Обследование и лечение | 1000*** | 0,70 | 19 | 90 | 10 |
| Наблюдение ночью | 20 | - | | | - |
| Стоматологические кабинеты | | | | | |
| Общее освещение*4 | 500 | 0,60 | 19 | 90 | 15 |
| Зона пациента | 1000 | 0,70 | - | | 10 |
| Лаборатории и аптеки | | | | | |
| Общее освещение | 500 | 0,60 | 19 | 80 | 15 |
| Цветовой контроль*4 | 1000 | 0,70 | | 90 | 10 |
| Стерилизационные | | | | | |
| Стерилизация и дезинфекция | 300 | 0,60 | 22 | 80 | 20 |
| Морги | | | | | |
| Общее освещение | 500 | 0,60 | 19 | | 15 |
| Столы для вскрытия трупов и анатомические | 5000 | - | | 90 | 10 |
| * Норма освещенности на уровне пола. | | | | | |
| ** КЦТ ИС должна быть в диапазоне $5000 < T_{кц} < 6500$ К. | | | | | |
| *** Норма освещенности на уровне кровати. | | | | | |
| *4 КЦТ ИС должна быть в диапазоне $6000 < T_{кц} < 6500$ К. | | | | | |

1.3 Методы измерений

Измерение освещенности и определение ее равномерности проводят по ГОСТ Р 54944, используя сетку.

Сетка для расчетов и измерений представляет собой площадку (квадратную или прямоугольную) с отношением сторон от 0,5 до 2,0. Расстояние между точками внутри площадки p рассчитывают по формуле

$$p = 0,25 \lg d, \quad (1)$$

где d - размер наибольшей стороны сетки, м.

Расстояние p - не более 10 м.

Пример определения числа точек в сетке для измерения освещенности приведен в приложении А.

Определение объединенного показателя дискомфорта UGR проводят по ГОСТ Р 54943. UGR рассчитывают по формуле

$$UGR = 8 \lg \left(\frac{0,25}{L_{\phi}} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2)$$

где E - яркость фона в кд/м², определяемая по формуле $E \pi^{-1}$,

где E - отраженная вертикальная освещенность стен на уровне глаза наблюдателя, лк;

L - габаритная яркость светящихся частей светильника по направлению к глазу наблюдателя, кд/м²;

ω - телесный угол светящихся частей светильника по направлению к глазу наблюдателя, стер;

p - индекс позиции для каждого светильника, учитывающий его размещение относительно линии зрения наблюдателя.

Габаритную яркость светящихся частей светильников и защитные углы измеряют и/или рассчитывают по ГОСТ Р 54350.

Измерение коэффициента пульсации проводят по ГОСТ Р 54945. Коэффициент пульсации рассчитывают по формуле

$$K_{п} = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2E_{\text{ср}}} 100, \quad (3)$$

где $E_{\text{макс}}$ и $E_{\text{мин}}$ - максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк;

$E_{\text{ср}}$ - среднее значение освещенности за тот же период, лк.

1.4 Средства измерений

Для измерения освещенности следует использовать средства измерений - люксометры с измерительными преобразователями излучения, имеющими предел допускаемой относительной погрешности не более 10 % с учетом погрешности спектральной коррекции, определяемой как отклонение относительной спектральной чувствительности измерительного преобразователя излучения от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения $V(\lambda)$ по ГОСТ 8.332, погрешности калибровки абсолютной чувствительности и погрешности, вызванной нелинейностью световой характеристики.

Люксометры должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке средств измерений. Поверку люксометров осуществляют органы стандартизации и метрологии в соответствии с ГОСТ 8.014 и ГОСТ 8.023.

Для измерения напряжения в сети следует применять вольтметры класса точности не ниже 1,5 по ГОСТ 8711.

Перечень рекомендуемых средств измерений следующий:

Люксометр-яркомер-пульсметр «Эколайт-01».

Люксометр-яркомер-пульсметр «Эколайт-02».

Люксометр типа «Аргус 01».

Люксметр-пульсметр типа «Аргус 07».

Люксметр типа ТКА-Люкс.

Люксметр типа ТКА-ПКМ, модель 02.

Люксметр типа ТКА-ПКМ, модель 08.

Люксметр типа ТКА-ПКМ, модель 31.

Люксметр типа TESTO 0500 (Германия).

Люксметр типа «Rocket-Lux2» фирмы LMT (Германия).

Многоканальный радиометр «Аргус».

Люксметр-яркомер типа ТЕС-0693 (Украина).

Люксметр-яркомер типа ТКА, модель 04/3.

Люксметр-яркомер «Аргус 12».

1.5 Подготовка к измерениям

Перед измерениями освещенности и КЕО выбирают и наносят контрольные точки для измерения освещенности и КЕО на план помещения, сооружения или освещаемого участка (или исполнительный чертеж осветительной установки) с указанием размещения светильников.

Перед измерением освещенности от искусственного освещения следует провести замену всех перегоревших ламп и чистку светильников. Измерение освещенности также допускается проводить без предварительной подготовки осветительной установки, что должно быть зафиксировано при оформлении результатов измерения.

Измерение КЕО на соответствие действующим нормам проводят в помещениях, свободных от мебели и оборудования, не затеняемых озеленением и деревьями, при вымытых и исправных светопрозрачных заполнениях светопроемов. При этом средневзвешенный коэффициент отражения стен, потолка, пола и заполнения оконных проемов в жилых помещениях должен составлять не менее 0,5.

Для измерения КЕО выбирают дни со сплошной облачностью, покрывающей весь небосвод.

Искусственное освещение в помещениях на период измерений выключают.

Размещение контрольных точек при измерении минимальной освещенности помещений.

Контрольные точки измерения минимальной освещенности от рабочего и резервного освещения размещают в центре помещения под светильниками, между светильниками и их рядами, у стен на расстоянии от $0,15L$ до $0,25L$, но не более 1 м от стены, где L - расстояние между рядами светильников.

Контрольные точки для измерения минимальной освещенности от эвакуационного освещения следует размещать на полу по пути эвакуации людей из помещения.

Примеры расположения контрольных точек измерения освещенности в помещениях производственных и общественных зданий при использовании для освещения светильников с точечными и линейными источниками света приведены на рисунках Б.1, Б.2 приложения Б.

Размещение контрольных точек при измерении средней освещенности помещений и мест производства работ вне зданий и охранном освещении.

Для проведения измерений средней освещенности применяют сетку контрольных точек, при которой контрольные точки размещают в узлах прямоугольной решетки в пределах зоны выполнения работ или помещения в соответствии с требованиями. Отношение длины ячейки решетки к ее ширине должно быть в пределах от 0,5 до 2. Максимальный размер ячейки решетки в метрах вычисляют по формуле:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\lg(d)}, \quad (4)$$

где d - наибольший размер зоны выполнения работ или помещения, м.

Максимальный размер шага решетки p не должен превышать 10 м.

Полосу 0,5 м границ зоны или от стен или границ зоны производства работ исключают из измеряемой зоны, за исключением случаев, когда там расположены рабочие места.

Например, $p = 0,2$ м при $d = 1$ м; $p = 1$ м при $d = 10$ м; $p = 5$ м при $d = 100$ м.

Типовое размещение контрольных точек в помещениях и рабочих зонах помещений, а также их число приведены в приложении Б.

При размещении контрольных точек на плане помещения их сетка не должна совпадать с сеткой размещения светильников. В случае совпадения сеток число контрольных точек на плане помещения целесообразно увеличить в соответствии с таблицей Б.1 приложения Б. При размещении в помещении крупногабаритного оборудования контрольные точки не допускается располагать на оборудовании. Если контрольные точки совпадают с оборудованием, то сетку контрольных точек следует сделать более частой и исключить точки, попадающие на оборудование.

При охранном освещении контрольные точки располагают по периметру освещаемой территории, число контрольных точек по периметру освещаемой территории должно быть не менее пяти.

Контрольные точки измерения цилиндрической освещенности следует размещать равномерно по помещению под светильниками, между светильниками и на центральной продольной оси помещения на высоте 1,5 м над полом и на расстоянии не менее 1,0 м от стены.

Число контрольных точек для измерения цилиндрической освещенности должно быть не менее пяти.

Размещение контрольных точек при измерении средней освещенности улиц, дорог, площадей

На освещаемом объекте определяют расчетное поле или контрольный участок. Для объектов со стандартной геометрией контрольный участок представляет собой часть прямолинейного горизонтального полотна дороги, ширина которого

равна ширине всей проезжей части при проезде в одну сторону, а длина - шагу S между осветительными приборами, расположенными по одной стороне дороги или по центру при установке осветительных приборов по осевой линии. При определении освещенности для шахматной схемы расположения осветительных приборов длина контрольного участка S определяется проекцией на продольную ось дороги расстояния между двумя соседними осветительными приборами, расположенными на противоположных сторонах проезжей части. Контрольные точки для измерения средней освещенности улиц, дорог и площадей должны быть расположены равномерно на участке дорожного покрытия, ограниченном шагом светильников, на расстоянии

$$D = S / N, \quad (5)$$

где S - шаг между осветительными приборами.

При шаге между осветительными приборами $S < 30$ м $N = 10$, при шаге между осветительными приборами $S > 30$ м $D < 3$ м.

$$d = W / n, \quad (6)$$

где d - расстояние между контрольными точками в поперечном направлении, м.

n – количество расчетных точек в поперечном направлении, $n > 3$ ($n = 3$ при $d < 1,5$ м).

Расстояние крайних контрольных точек на контрольном участке - $D/2$ в продольном направлении и $d/2$ в поперечном направлении, как показано на рисунке Б.3 приложения Б.

Число контрольных точек должно быть не менее десяти. Примеры расположения контрольных точек при различном расположении светильников, а также в местах закругления и пересечения приведены на рисунках Б.4-Б.6 приложения Б.

Размещение контрольных точек при измерении коэффициента естественной освещенности помещений.

Контрольные точки размещают на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первую и последнюю точки принимают на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен и внутренних перегородок (или оси колонн).

Число контрольных точек должно быть не менее пяти. В число контрольных точек должна входить точка, в которой нормируется освещенность.

Размещение контрольных точек при измерении вертикальной освещенности окон зданий.

Контрольные точки размещают на внешней поверхности окна.

Число контрольных точек должно быть не менее пяти для каждого измеряемого окна.

Пример расположения контрольных точек приведен на рисунке Б.7 приложения Б.

1.6 Проведение измерений

Измерение освещенности от искусственного освещения

Измерение освещенности при рабочем и аварийном освещении, а также вертикальной освещенности на окнах при засветке помещений наружным освещением следует проводить в темное время суток, когда отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1, измерение освещенности при эвакуационном освещении - когда значение естественной освещенности не превышает 0,1 лк.

При измерениях освещенности помещений от искусственного освещения в дневное время допускается занавешивание окон темной, не пропускающей свет тканью.

В начале и в конце измерений следует измерить напряжение на щитках распределительных сетей освещения. Результаты измерения заносят в протоколы, форма которых приведена в приложении В.

Измерения следует проводить после стабилизации светового потока осветительной установки.

При измерениях освещенности на измерительный фотометрический датчик не должны падать тень человека, деревьев, посторонних предметов, а также свет от других источников света.

Освещенность на рабочем месте определяют прямыми измерениями на рабочей поверхности, указанной в нормативных документах.

При комбинированном освещении рабочих мест освещенность измеряют сначала от светильников общего освещения, затем включают светильники местного освещения в их рабочем положении и измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного освещения.

Измерение цилиндрической освещенности проводят люксметром, снабженным специальной насадкой. Измерение цилиндрической освещенности в каждой контрольной точке допускается также проводить путем проведения четырех измерений вертикальной освещенности во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Результаты измерения освещенности оформляют в соответствии с приложением В.

Измерение коэффициента естественной освещенности

При определении коэффициента естественной освещенности проводят одновременные измерения освещенности в контрольных точках внутри помещений $E_{вн}$ и наружной освещенности $E_{нар}$ на горизонтальной площадке, освещаемой всем светом небосвода (например, снаружи на кровле здания или на другом возвышенном месте).

Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении В.

Измерение полуцилиндрической освещенности

Измерение полуцилиндрической освещенности выполняют люксметром, снабженным специальной насадкой. Измерение полуцилиндрической освещенности в каждой контрольной точке допускается также проводить путем проведения трех измерений вертикальной освещенности во взаимно перпендикулярных плоскостях: одно измерение по направлению преимущественного движения $E_{в1}$ и два измерения в плоскости, перпендикулярной плоскости движения $E_{в2}$ и $E_{в3}$. При измерении полуцилиндрической освещенности центр фотометрической головки люксметра должен быть расположен на высоте 1,5 м над уровнем дорожного покрытия. Светочувствительная поверхность фотометрической головки должна быть расположена в плоскости основания вертикально ориентированного полуцилиндра.

Измерение вертикальной освещенности на окнах зданий

Измерение вертикальной освещенности на окнах зданий при засветке всеми видами установок наружного освещения проводят люксметром, измерительную головку которого размещают вертикально с внешней стороны окна на остеклении или импостах окна.

Искусственное освещение в помещении на время проведения измерений отключают.

1.7 Обработка результатов измерений

Определение параметров искусственного освещения

Минимальную освещенность в помещениях и вне зданий вычисляют как минимальные измеренные значения освещенности из последовательности их значений в контрольных точках $E_{мин}$ по формуле

$$E_{мин} = \min \{E_i\}. \quad (7)$$

где E_i - измеренные значения освещенности в контрольных точках.

Среднюю освещенность в помещении $E_{\text{ср}}$, лк, вычисляют как среднеарифметическое значение измеренных освещенностей в контрольных точках помещения по формуле

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i, \quad (8)$$

где N - число точек измерения;

E_i - измеренные значения освещенности в контрольных точках помещения, лк.

Среднюю освещенность улиц, дорог, площадей определяют как среднеарифметическое значение измеренных освещенностей E_i в контрольных точках дорожного покрытия по формуле (8).

Цилиндрическую освещенность $E_{\text{ц}}$, лк, в контрольной точке вычисляют как среднеарифметическое значение освещенностей, измеренных в четырех взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях, по формуле

$$E_{\text{ц}} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=4} E_{\text{в}i}, \quad (9)$$

где $E_{\text{в}i}$ - измеренные значения освещенности во взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях, лк.

Полуцилиндрическую освещенность $E_{\text{пц}}$, лк, рассчитывают по формуле

$$E_{\text{пц}} = 5 \cdot E_{\text{в}1} + 0,25 (E_{\text{в}2} + E_{\text{в}3}) \quad (10)$$

где $E_{\text{в}1}$, $E_{\text{в}2}$ и $E_{\text{в}3}$ - измеренные значения вертикальной освещенности, лк.

Среднюю вертикальную освещенность на внешней поверхности окна при измерении уровня засветки окон зданий, создаваемых всеми видами установок

наружного освещения, включая уличное, архитектурное, рекламное и витринное, $E_{в.ср}$, лк, вычисляют как среднеарифметическое значение измеренных вертикальных освещенностей в контрольных точках по формуле

$$E_{в.ср} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_{вi}, \quad (11)$$

где N - число точек измерения;

$E_{вi}$ - измеренные значения освещенности в контрольных точках поверхности окна (см. рисунок Б.7 приложения Б), лк.

При отклонении напряжения сети от номинального значения более чем на 5 % фактическое значение освещенности $E_{ф}$, лк, вычисляют по формуле

$$E_{ф} = E \frac{U_{ном}}{U_{ном} - K(U_{ном} - U_{ср})}, \quad (12)$$

где E - минимальная, средняя, цилиндрическая освещенности, лк;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение сети, В;

K - коэффициент, равный 0 для светодиодов с импульсными блоками питания,

1 - для люминесцентных ламп при использовании емкостного балластного сопротивления и электронных пускорегулирующих аппаратов,

2 - для люминесцентных ламп при использовании индуктивного балластного сопротивления и дуговых ртутных ламп,

3 - для металлогалогенных ламп, дуговых ртутных ламп с излучающими добавками, натриевых ламп высокого давления,

4 - для ламп накаливания и светодиодов с мостовыми схемами включения;

$U_{ср}$ - среднее значение напряжения, вычисляемое по формуле

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_1 + U_2}{2}, \quad (13)$$

где U_1 - напряжение сети в начале измерения, В;

U_2 - напряжение сети в конце измерения, В.

Определение параметров естественного освещения

Коэффициент естественной освещенности e , %, вычисляемое по формуле

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} \cdot 100, \quad (14)$$

где $E_{\text{вн}}$ - значение естественной освещенности внутри помещения, лк;

$E_{\text{нар}}$ - значение естественной освещенности вне помещения, лк.

1.8 Оценка результатов измерений

Оценку результатов измерений искусственной освещенности следует проводить в соответствии с таблицей 43.

E_n - нормируемая освещенность (минимальная, средняя, цилиндрическая);

$E_{н.о}$ - нормируемая освещенность от общего освещения в системе комбинированного освещения; K_3 - коэффициент запаса.

Таблица 43 - Оценка результатов измерений

| Вид контроля | Соотношение между измеренными и нормируемыми значениями освещенности | | | Оценка результатов измерений |
|--|--|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | система общего освещения | система комбинированного освещения | | |
| | | общее | суммарно общее и местное | |
| Приемка осветительной установки в эксплуатацию | $E \geq 0,9 E_n / MF$ | $E \geq 0,9 E_n / MF$ | $E \geq E_n$ | Соответствует нормам |
| | $E < 0,9 E_n / MF$ | $E < 0,9 E_n / MF$ | $E < E_n$ | Не соответствует нормам |

Продолжение таблицы 43

| | | | | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|
| Инспекторский контроль | $E \geq E_n$ | $E \geq E_n$ | $E \geq E_n$ | Соответствует нормам |
| | $E < E_n$ | $E < E_n$ | $E < E_n$ | Не соответствует нормам |

Естественное освещение помещений соответствует нормам, если в точке нормирования КЕО $e \geq e_n$, где e_n - нормированное значение КЕО.

2 Аварийное освещение

Аварийное освещение классифицируют *по видам*:

- эвакуационное, подразделяемое: на освещение путей эвакуации, антипаническое освещение и освещение зон повышенной опасности;
- резервное освещение.

2.1 Общие требования к видам аварийного освещения

Аварийное освещение подключают к источнику питания, независимому от источника питания рабочего освещения. Для идентификации цветов безопасности в аварийном освещении применяют источники света с индексом цветопередачи $Ra \geq 40$.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать безопасный выход людей из помещения в случае чрезвычайной ситуации, например, отказ рабочего освещения, пожар и т.д.

Освещение путей эвакуации должно обеспечивать создание приемлемых визуальных условий для эвакуации людей из здания, а для мест производства работ вне зданий - в безопасное место, создавая при этом условия для надежного обнаружения средств безопасности и оборудования для пожаротушения. Освещение путей эвакуации должно обеспечивать в течение не менее 1 ч: - 50% нормируемой освещенности через 5 с после нарушения питания рабочего освещения; - 100% нормируемой освещенности через 10 с. Освещение путей эвакуации в помещениях или местах произ-

водства работ вне зданий должно быть: - перед каждым эвакуационным выходом; - в коридорах и проходах по путям эвакуации; - в местах изменения (перепада) уровня пола или покрытия; - на лестницах каждый марш должен быть освещен прямым светом, особенно верхняя и нижняя ступени; - в зоне каждого изменения направления пути; - на пересечении проходов и коридоров; - перед каждым пунктом медицинской помощи; - в местах размещения средств экстренной связи; - в местах размещения первичных средств пожаротушения; - в местах размещения плана эвакуации; - снаружи перед каждым конечным выходом из здания.

Антипаническое освещение (освещение площадей размером более 60 м) должно обеспечивать приемлемые визуальные условия для предотвращения паники, безопасного движения людей в направлении путей эвакуации и видимость любых препятствий высотой до 2 м над плоскостью движения людей. Освещение путей эвакуации должно обеспечивать в течение не менее 1 ч: - 50% нормируемой освещенности через 5 с после нарушения питания рабочего освещения; - 100% нормируемой освещенности через 10 с.

Освещение зон повышенной опасности должно обеспечивать безопасность людей, вовлеченных в процесс, связанный с потенциальной угрозой их здоровью и жизни, и создавать условия по надлежащему прекращению работ. Минимальную продолжительность освещения определяют временем, при котором существует опасность для людей. Освещение должно обеспечивать 100% уровня нормируемой освещенности постоянно или прерываться не более чем на 0,5 с.

Резервное освещение предусматривают, если по условиям технологического процесса необходимо нормальное продолжение работы при нарушении питания рабочего освещения внутри и вне зданий, а также, если нарушение работы оборудования и механизмов может вызвать: - гибель, травмирование или отравление людей; - взрыв, пожар, длительное нарушение технологического процесса; - утечку токсичных и радиоактивных веществ в окружающую среду; - нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио и телевизионных пере-

дач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ, и т.п. Резервное освещение допускается использовать в качестве эвакуационного, если оно удовлетворяет требованиям, предъявляемым к эвакуационному освещению.

2.2 Нормы аварийного освещения

Нормы эвакуационного освещения должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 44.

Таблица 44 - Нормы эвакуационного освещения

| Виды, объекты эвакуационного освещения | Освещенность Е _{мин} на горизонтальной поверхности, лк, не менее | Неравномерность освещенности Е _{макс} /Е _{мин} , не более |
|---|---|--|
| Освещение путей эвакуации шириной до 2 м ¹⁾ : | | |
| - по оси прохода | 1,0 | 40:1 |
| - по проходу | 0,5 ²⁾ | 40:1 |
| Антипаническое освещение | 0,5 ³⁾ | 40:1 |
| Освещение зон повышенной опасности (не менее 10% нормы освещенности рабочего освещения) | 15 | 10:1 |
| Освещение лестничных маршей в зданиях с постоянным пребыванием маломобильных групп населения и детей дошкольного возраста | 5 | 40:1 |
| Вблизи пункта первой помощи, места с противопожарным оборудованием, места размещения плана эвакуации, места включения аварийной сигнализации, перед каждым эвакуационным выходом, снаружи перед каждым конечным выходом из здания | 5 | 40:1 |
| <p>1) Размер широких проходов определяют как сумму двухметровых полос.</p> <p>2) На полосе размером не менее 50% ширины прохода, симметрично расположенной относительно оси прохода.</p> <p>3) На всей свободной поверхности, кроме полосы шириной 0,5 м вдоль границы поверхности.</p> | | |

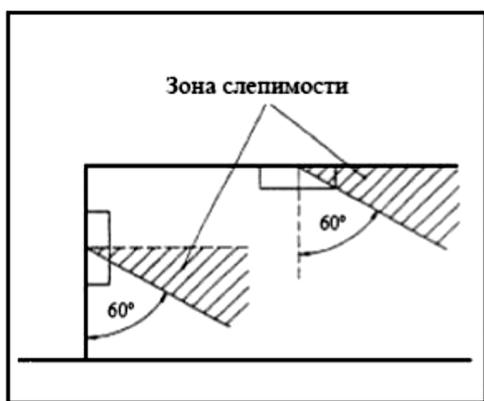
Слепимость, создаваемая светильниками аварийного освещения, должна быть ограничена предельными значениями силы света светильника в зоне слепимости.

Примечание - Высокий контраст между яркой светящей поверхностью светильника и окружающей поверхностью может вызвать слепимость и стать причиной плохого различения препятствий и знаков безопасности на пути эвакуации.

Для горизонтальных путей эвакуации сила света светильников аварийного освещения в пределах углов от 60° до 90° в нижней полусфере относительно вертикали при всех азимутальных углах (рисунок 2а) должна быть не более значений, указанных в таблице 45.

Таблица 45 – Нормы освещения горизонтальных путей эвакуации

| Высота установки светильников h, м | Сила света светильников аварийного освещения, кд, не более | |
|------------------------------------|--|------------------------------|
| | для путей эвакуации и антипанического освещения | для зон повышенной опасности |
| $h < 2,5$ | 500 | 1000 |
| $2,5 < h < 3,0$ | 900 | 1800 |
| $3,0 < h < 3,5$ | 1600 | 3200 |
| $3,5 < h < 4,0$ | 2500 | 5000 |
| $4,0 < h < 4,5$ | 3500 | 7000 |
| $h \geq 4,5$ | 5000 | 10000 |



а



б

а - для горизонтальных путей эвакуации;

б - для открытых пространств и других путей эвакуации

Рисунок 2 - Зоны слепимости

Для других путей эвакуации и открытых пространств сила света светильников аварийного освещения при любых углах в нижней полусфере (рисунок 2b) должна быть не более значений, указанных в таблице 45.

Нормы резервного освещения Значение освещенности резервного освещения должно быть не менее 30% значения нормируемой освещенности для общего рабочего освещения. Резервное освещение должно обеспечивать 50% уровня нормируемой освещенности не

более чем через 15 с после нарушения питания рабочего освещения и 100% уровня нормируемой освещенности не более чем через 60 с, если иное не установлено специальными нормами.

2.3 Эвакуационные знаки безопасности

Эвакуационные знаки безопасности постоянного действия устанавливаются над каждым эвакуационным выходом и вдоль путей эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации.

2.3.1 Яркость эвакуационных знаков безопасности

Значение яркости любой части поверхности цветных знаков безопасности должно быть не менее 2 кд/м^2 во всех направлениях.

Значение яркости любой зоны цветной поверхности знаков безопасности в условиях задымления должно быть не менее 10 кд/м^2 . В помещениях, где возможно задымление, светильники аварийного освещения должны быть размещены на расстоянии не менее 0,5 м от потолка, а эвакуационные знаки безопасности на высоте не более 0,5 м от пола. Знаки безопасности с внешней подсветкой не применяют.

2.3.2 Равномерность яркости эвакуационных знаков безопасности

Равномерность распределения яркости в пределах цветной поверхности знака безопасности определяют отношением минимальной яркости к максимальной в пределах поверхности знака, которое должно быть не менее 1:5.

Примечание - Для эвакуационного знака безопасности яркостью более 100 кд/м² отношение минимального значения яркости к максимальному в пределах цветной поверхности знака должно быть не менее 1:10. Отношение яркости контрастного цвета к яркости цвета безопасности должно быть не менее 5:1 и не более 15:1.

Высоту эвакуационного знака безопасности h определяют по формуле:

$$h=I/Z, \quad (15)$$

где h - высота эвакуационного знака безопасности (рисунок 2);

I - расстояние различения эвакуационного знака;

Z - дистанционный фактор, который принимают равным 100 для знаков, освещаемых извне, и 200 - для освещаемых изнутри.

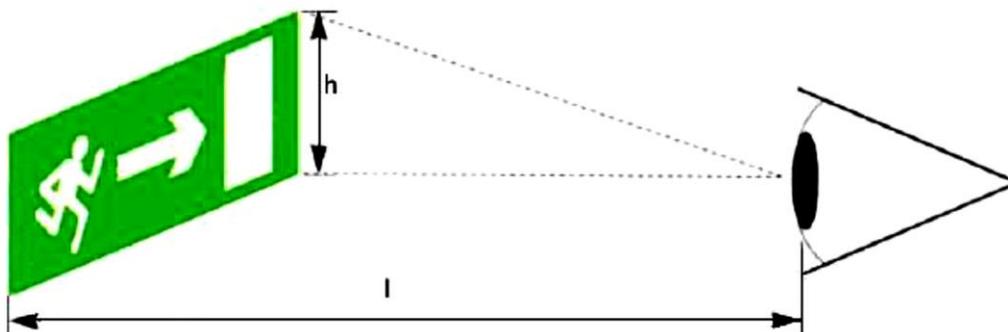


Рисунок 2 - Определение расстояния различения эвакуационного знака безопасности

Система указания путей эвакуации должна состоять из эвакуационных знаков безопасности, соответствующих требованиям ГОСТ Р 12.4.026. Эвакуационные знаки безопасности устанавливают в общественных и вспомогательных по-

мещениях, в которых могут находиться одновременно более 50 человек, а также в помещениях с искусственным освещением, в которых могут одновременно находиться более 30 человек, или имеющих площадь более 100 м². В детских, дошкольных, учебных и медицинских учреждениях и в зданиях с постоянным пребыванием маломобильных групп людей эвакуационные знаки безопасности устанавливаются независимо от числа одновременно находящихся в них людей. В таких помещениях допускается применение эвакуационных знаков безопасности в виде световых перил.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица 46 - Сопоставление структуры стандартов

| Структура настоящего стандарта | Структура международного стандарта ИСО 30061:2007 |
|--------------------------------|--|
| Раздел 1 | Разделы 1, 2 |
| Раздел 2 | Раздел 3 |
| Раздел 3 | Раздел 4 |
| Разделы 4, 5 | Разделы 5-9 |
| Раздел 6 | Разделы 10, 11 |

3 Естественное освещение

Оптимальный световой режим обеспечивает наилучшее освещение, создает зрительный комфорт. Особую роль играет естественное освещение, благоприятно влияющее на психофизиологическое состояние человека и его здоровье. Использование природной световой энергии позволяет экономить электроэнергию, затрачиваемую на искусственное освещение.

Однако естественное освещение требует и существенных затрат. Через све-

топроемы зимой происходят значительные теплопотери, а летом – теплопоступления от солнечной радиации. Поэтому формальное применение сплошных остекленных поверхностей, часто используемых только по условиям архитектурной композиции, без учета светотехнических требований, ухудшает микроклимат в зданиях и, следовательно, повышает эксплуатационные расходы (на отопление и кондиционирование).

При проектировании естественного освещения помещения ставятся следующие задачи: создать необходимый уровень освещенности на рабочих поверхностях, обеспечить – в зависимости от назначения помещения – требуемую равномерность или неравномерность освещения, защитить рабочие зоны помещения от слепящей яркости прямого и отраженного света.

Расчет естественного освещения в помещениях проводят для проверки достаточности выбираемых при проектировании размеров и расположения светопроемов, с целью контроля выполнения требований норм естественного освещения.

Для количественной оценки условий естественного освещения помещений используется относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности есть выраженное в процентах отношение освещенности в заданной точке внутри помещения (E_v) к одновременному значению освещенности на открытой горизонтальной площадке, освещаемой всем небосводом (E):

Расчёт естественного освещения ведут двумя методами: по коэффициенту естественной освещённости и световому коэффициенту.

Коэффициент естественной освещённости рассчитывают по формуле

$$e = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100\%, \quad (16)$$

где $E_{в}$ – освещённость внутри помещения, лк;

$E_{н}$ – освещённость на открытой местности, лк.

Световой коэффициент рассчитывается по формуле

$$\alpha = \frac{\sum S_o}{S_{п}}, \quad (17)$$

где $S_{п}$ – площадь пола в помещении, m^2 ;

$\sum S_o$ - суммарная площадь окон, m^2 .

3.1 Выбор значений КЕО

В соответствии с СП 52.13330 территория Российской Федерации разделена на пять групп административных районов по ресурсам светового климата. Перечень административных районов, входящих в группы обеспеченности естественным светом, приведен в приложении Е СП 52.13330.2016.

Коэффициенты светового климата, характеризующие обеспеченность естественным светом группы административных районов Российской Федерации в зависимости от ориентации светопроемов по сторонам горизонта, приведены в таблице 5.1 СП 52.13330.2016.

Нормируемые значения КЕО $e_{н}$ в производственных зданиях независимо от групп административных районов принимают в соответствии с приложением Л СП 52.13330.2016.

При совмещенном освещении нормируемые значения КЕО увязывают с нормируемыми значениями освещенности $E_{н}$ от искусственного освещения при различных зрительных работах через критические наружные освещенности по формуле

$$E_n = 0,01 \cdot e_p \cdot E_{кр}, \quad (18)$$

где e_p – расчетный коэффициент естественной освещенности;

$E_{кр}$ – критическая наружная освещенность.

3.2 Проектирование естественного освещения

Проектирование естественного освещения зданий следует осуществлять с учетом предварительно изученных технологий и процессов, выполняемых в помещениях, а также светоклиматических особенностей места строительства зданий.

При этом должны быть определены следующие параметры:

- характеристика и разряд зрительных работ;
- группа административного района, в котором предполагается строительство здания;
- нормируемое значение КЕО e_n с учетом характера зрительных работ и светоклиматических особенностей места расположения зданий;
- требуемая равномерность естественного освещения;
- продолжительность использования естественного освещения в течение суток для различных месяцев года с учетом назначения помещения, режима работы и светового климата местности;
- необходимость защиты помещения от слепящего действия солнечного света.

Проектирование естественного освещения здания следует выполнять в такой последовательности:

1-й этап:

- определение требований к естественному освещению помещений,
- выбор систем освещения,
- выбор типов световых проемов и светопропускающих материалов,
- выбор средств для ограничения слепящего действия прямого солнечного света,

- учет ориентации здания и световых проемов по сторонам горизонта;

2-й этап:

- выполнение предварительного расчета естественного освещения помещений (определение необходимой площади световых проемов),
- уточнение параметров световых проемов и помещений;

3-й этап:

- выполнение проверочного расчета естественного освещения помещений,
- определение помещений, зон и участков, имеющих недостаточное по нормам естественное освещение,
- определение требований к дополнительному искусственному освещению помещений, зон и участков с недостаточным естественным освещением,
- определение требований к эксплуатации световых проемов;

4-й этап:

- внесение необходимых корректив в проект естественного освещения и повторный проверочный расчет (при необходимости).

Систему естественного освещения здания (боковое, верхнее или комбинированное) следует выбирать с учетом следующих факторов:

- назначение и принятое архитектурно-планировочное, объемнопространственное и конструктивное решения здания;
- требования к естественному освещению помещений, вытекающие из особенностей технологии производства и зрительной работы;
- климатические и светоклиматические особенности места строительства;
- экономичность естественного освещения (по энергетическим затратам).

Верхнее и комбинированное естественное освещение следует применять преимущественно в одноэтажных многопролетных зданиях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также в зданиях с крупногабаритными технологическими объемами, в частности производственных транспортных предприятий, предназначенных для ввода подвижного состава.

Боковое естественное освещение следует применять в многоэтажных и одноэтажных производственных зданиях с отношением глубины помещений к высоте верхней грани светового проема над уровнем УРП не более 8.

Глубокие производственные помещения, в которых невозможно обеспечить требуемые условия освещения на всей площади, допускается делить по глубине на три зоны: зону с достаточным естественным освещением, зону с совмещенным освещением и зону без естественного освещения. Границы зон следует определять на основе расчета значений КЕО в точках характерного разреза помещения и сопоставления их с наименьшим нормированным КЕО соответственно для естественного и совмещенного освещений. Без естественного освещения считается зона, в пределах которой КЕО в точках характерного разреза помещения составляет менее 30% нормированного КЕО для естественного освещения. При этом размеры световых проемов и их заполнение следует выбирать, исходя из требований технологии, условий климата места строительства и технико-экономических требований.

Для устройства верхнего естественного освещения помещений производственных зданий следует применять светоаэрационные или зенитные фонари. При проектировании целесообразно использовать типовые конструкции фонарей.

Прямоугольные светоаэрационные фонари шириной 6 или 12 м с одним или двумя ярусами остекления следует применять в производственных зданиях со значительными (свыше 23 Вт/м^3) избытками явного тепла. В зданиях с избытками явного тепла до 23 Вт/м^3 прямоугольные светоаэрационные фонари допускается применять при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Для обеспечения требуемого воздухообмена рекомендуется применять следующие светоаэрационные фонари:

а) в помещениях с пролетами шириной 18 м и избытками явного тепла до 50 Вт/м^3 – одноярусные прямоугольные шириной 6 м;

б) в помещениях с пролетами шириной 24, 30, 36 м и избытками явного тепла до 50 Вт/м^3 – одноярусные прямоугольные шириной 12 м.

Примечания

1 Применение двухъярусных светоаэрационных фонарей для обеспечения требуемого воздухообмена в помещениях допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

2 В производствах, характеризующихся избытками явного тепла свыше 50 Вт/м^3 , следует применять аэрационные шахты или аэрационные фонари.

При размещении прямоугольных светоаэрационных фонарей в покрытиях зданий расстояние между торцами фонарей и между торцом фонаря и наружной стеной должно быть равным или кратным шагу строительных конструкций. Длина фонаря не должна превышать 84 м.

Зенитные фонари следует применять в производственных зданиях с сухим или нормальным влажностным режимом и незначительными до 23 Вт/м^3 избытками явного тепла.

Зенитные фонари со светопропускающим заполнением из полимерных материалов (органического стекла, полиэфирных стеклопластиков и др.) допускается применять в зданиях со степенью огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности, соответствующих требованиям 5.4.4 СП 2.13130.2012 и 6.2.14 СП 4.13130.2013.

При размещении в покрытиях зданий зенитных фонарей со светопропускающим заполнением из полимерных материалов следует соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

а) общая площадь светопропускающих элементов таких фонарей не должна превышать 15 % общей площади покрытия, площадь проема одного фонаря – не более 12 м^2 при удельной массе светопропускающих элементов не более 20 кг/м^2 и не более 18 м^2 при удельной массе светопропускающих элементов не более 10 кг/м^2 . При этом рулонная кровля должна иметь защитное покрытие из гравия;

б) расстояние (в свету) между этими фонарями должно составлять не менее 6 м при площади проемов от 6 до 18 м^2 и не менее 3 м при площади проемов до 6 м^2 ;

в) при совмещении фонарей в группы они принимаются за один фонарь, к которому относятся все указанные ограничения;

г) между зенитными фонарями со светопрускающими заполнениями из материалов групп Г3 и Г4 согласно 6.2.14 СП 4.13130.2013 в продольном и поперечном направлениях покрытия здания через каждые 54 м должны устраиваться разрывы шириной не менее 6 м. Расстояние по горизонтали от противопожарных стен до указанных зенитных фонарей должно составлять не менее 5 м.

При устройстве естественного освещения с помощью зенитных фонарей в помещениях производственных зданий с незначительными избытками явного тепла при разности расчетных температур внутреннего воздуха и средней температуры наиболее холодной пятидневки до 25°С следует применять однослойное, от 25°С до 49°С – двухслойное, а свыше 49°С – трехслойное остекление.

При проектировании бокового естественного освещения следует применять типовые конструкции окон.

В производственных зданиях промышленных предприятий следует использовать типовые конструкции окон со стальными переплетами.

При проектировании бокового естественного освещения в производственных зданиях высоту окон следует принимать в зависимости от глубины помещения и точности выполняемых зрительных работ. При этом в помещениях с высотой 7,2 м и менее целесообразно окна размещать в один ярус, а в помещениях с высотой свыше 7,2 м – в два яруса, в нижней и в верхней зонах стены – в соответствии с расчетом.

С целью уменьшения теплопоступлений в помещения от солнечной радиации плоскость остекления фонарей следует ориентировать:

- в зданиях с прямоугольными и трапециевидными фонарями, расположенными в III и IV поясах светового климата, – на север (С) и юг (Ю);

- в зданиях с фонарями типа шед, расположенными в III и IV поясах светового климата, – на северную четверть горизонта (север и северо-запад (ССЗ) – север и северо-восток (ССВ)).

При боковом освещении помещений производственных зданий с повышен-

ными требованиями к постоянству естественного освещения и защите от инсоляции (например, сборочные цехи часовых заводов и прецизионной аппаратуры, помещения сортировки материалов по оттенкам цвета и т.п.) световые проемы следует ориентировать на северную четверть горизонта (ССЗ – ССВ).

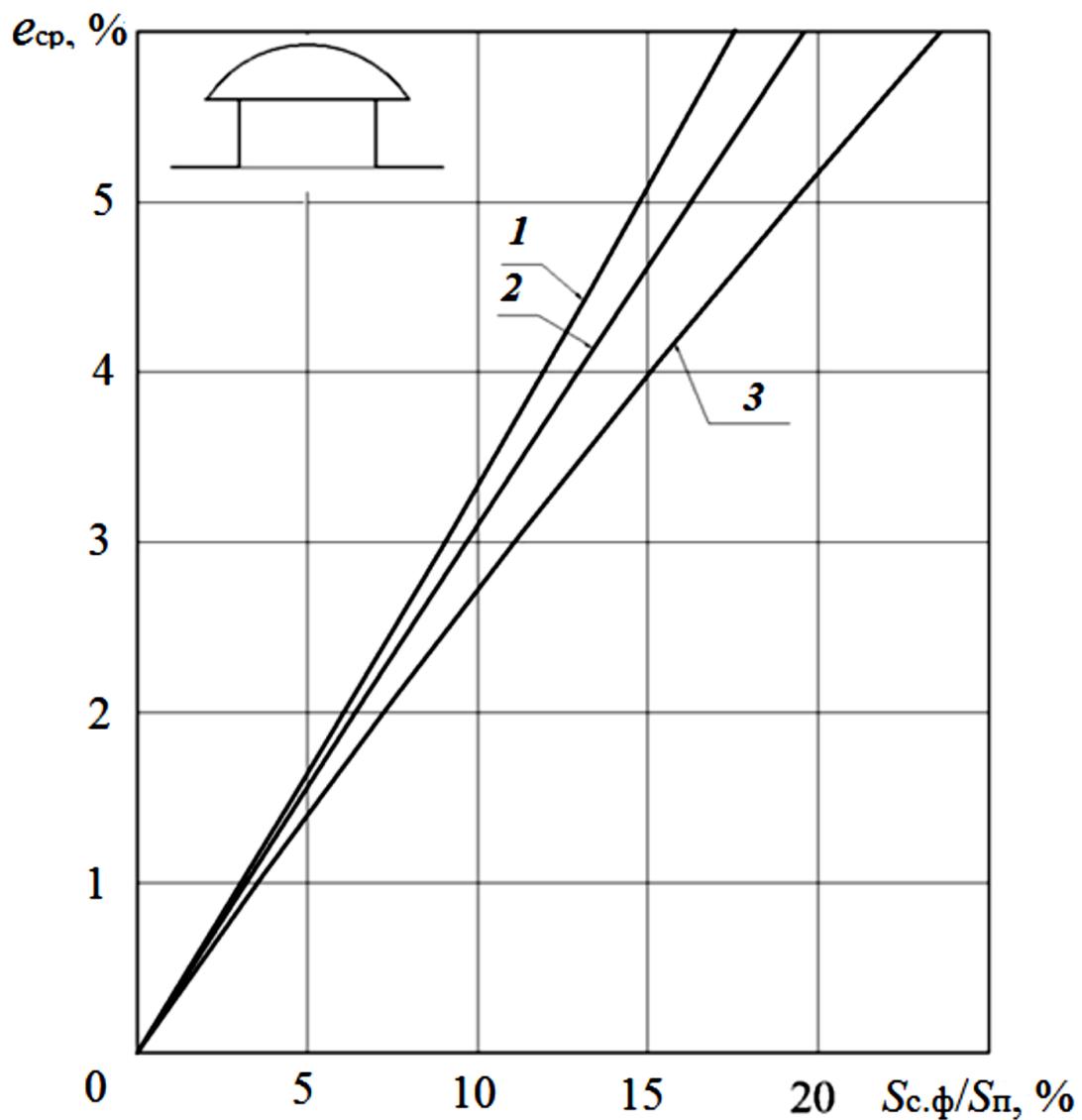
При выборе средств для защиты от слепящего действия прямого солнечного света в промышленных зданиях следует руководствоваться СП 370.1325800.

3.3 Расчет естественного освещения

Размеры и расположение световых проемов в помещении, а также соблюдение требований норм естественного освещения помещений определяют предварительным и проверочным расчетами.

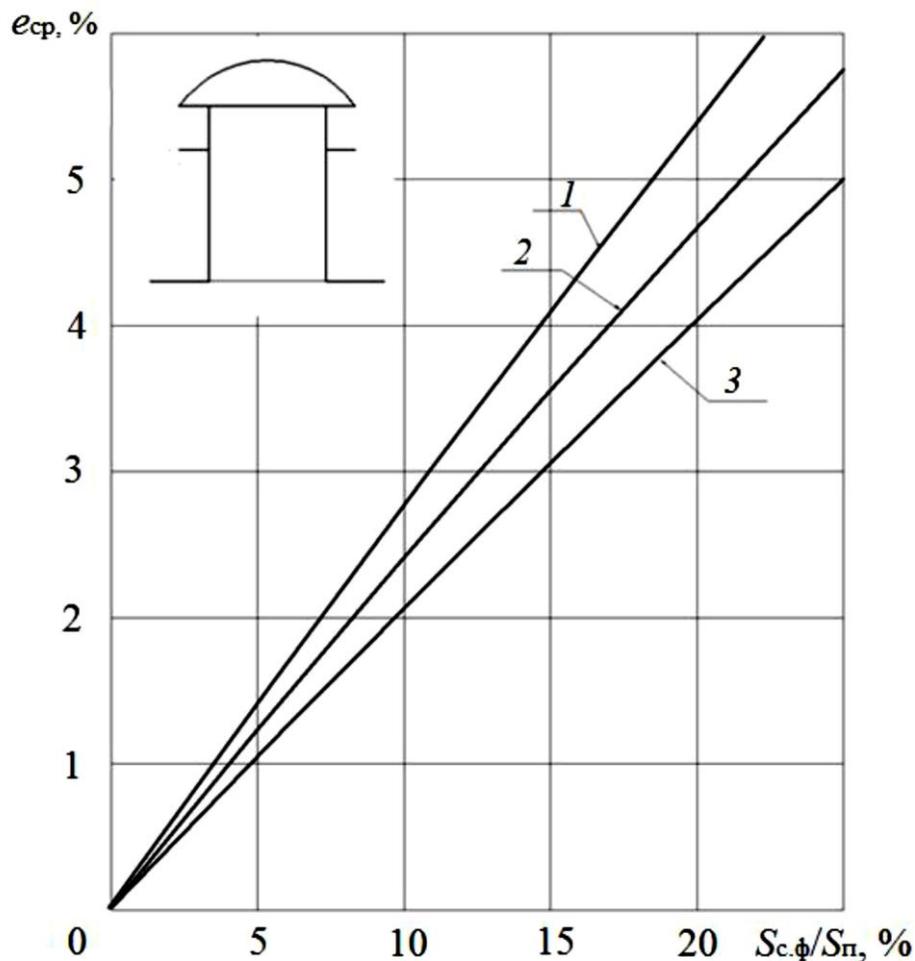
Предварительный расчет площади световых проемов и КЕО при верхнем и боковом освещении.

Для предварительного расчета площадей световых проемов при верхнем освещении следует применять следующие графики: для зенитных фонарей диффузного света – рисунок 3; для шахтных фонарей направленного света – рисунок 4, шахтных фонарей диффузного света – рисунок 5; для прямоугольных фонарей с вертикальным двухсторонним остеклением (прямоугольных) – рисунок 6; для трапециевидных фонарей с наклонным двухсторонним остеклением – рисунок 7; для шедовых фонарей с вертикальным односторонним остеклением – рисунок 8; для шедовых фонарей с наклонным односторонним остеклением – рисунок 9.



2,9×5,9 (1); 2,7×2,7; 2,9×2,9; 1,5×5,9 (2); 1,5×1,7 (3)

Рисунок 3 – График для определения среднего значения КЕО e_{cp} в производственных помещениях с зенитными фонарями с глубиной проема до 0,7 м и размерами в плане, м

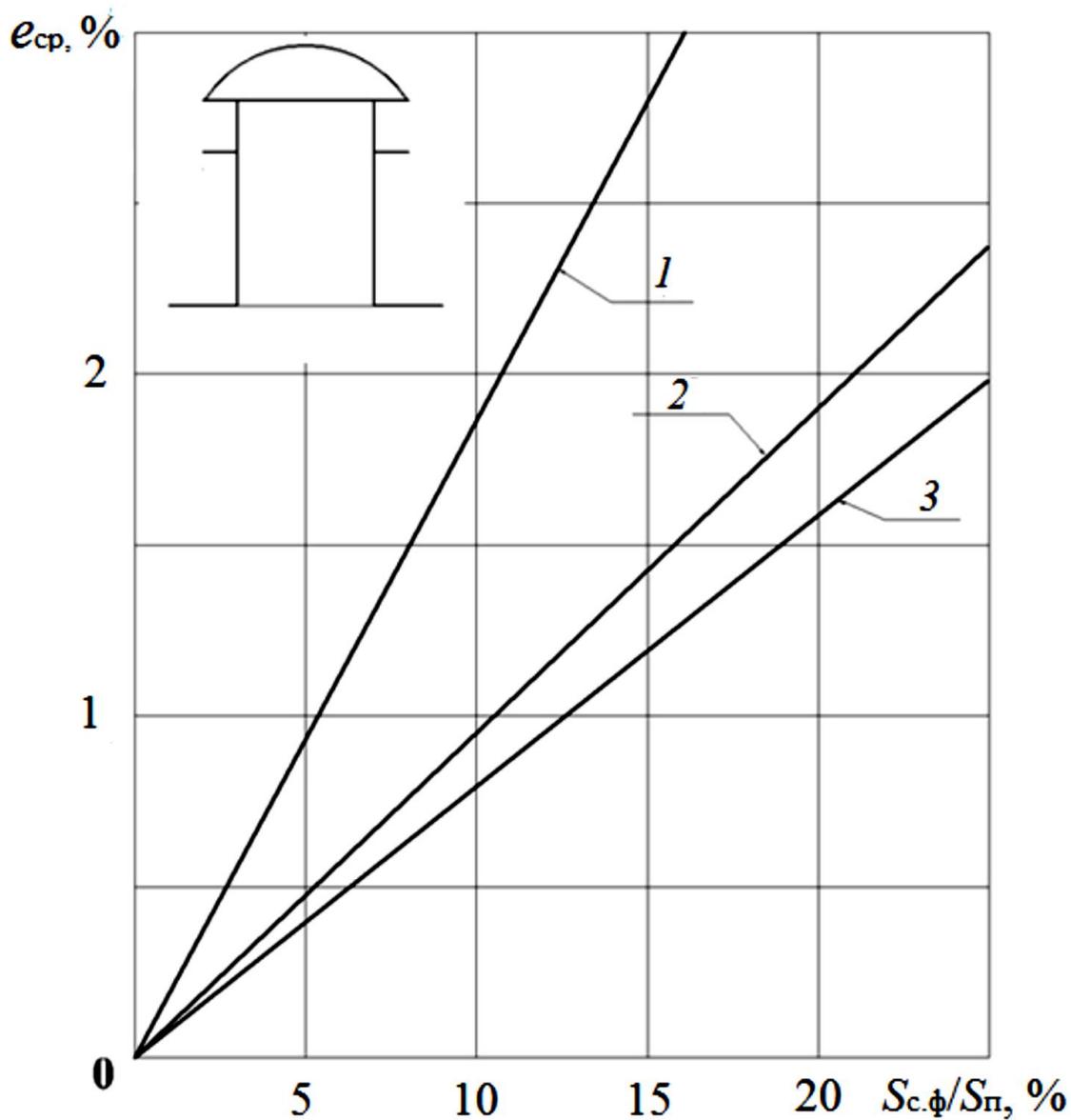


2,9×5,9 (1); 2,7×2,7; 2,9×2,9; 1,5×5,9 (2); 1,5×1,7 (3)

Рисунок 4 – График для определения среднего значения КЕО $e_{ср}$ в производственных помещениях с шахтными фонарями направленного света с глубиной светопроводной шахты 3,50 м и размерами в плане, м

Суммарную площадь световых проемов фонарей $S_{с.ф.}$, в зависимости от площади пола помещения $S_{п.}$ определяют по рисункам 3-9 в такой последовательности:

а) в зависимости от разряда зрительной работы или назначения помещения и группы административных районов по ресурсам светового климата Российской Федерации по таблице 4.1 и приложению Л СП 52.13330.2016 определяют нормируемое значение КЕО для рассматриваемого помещения;



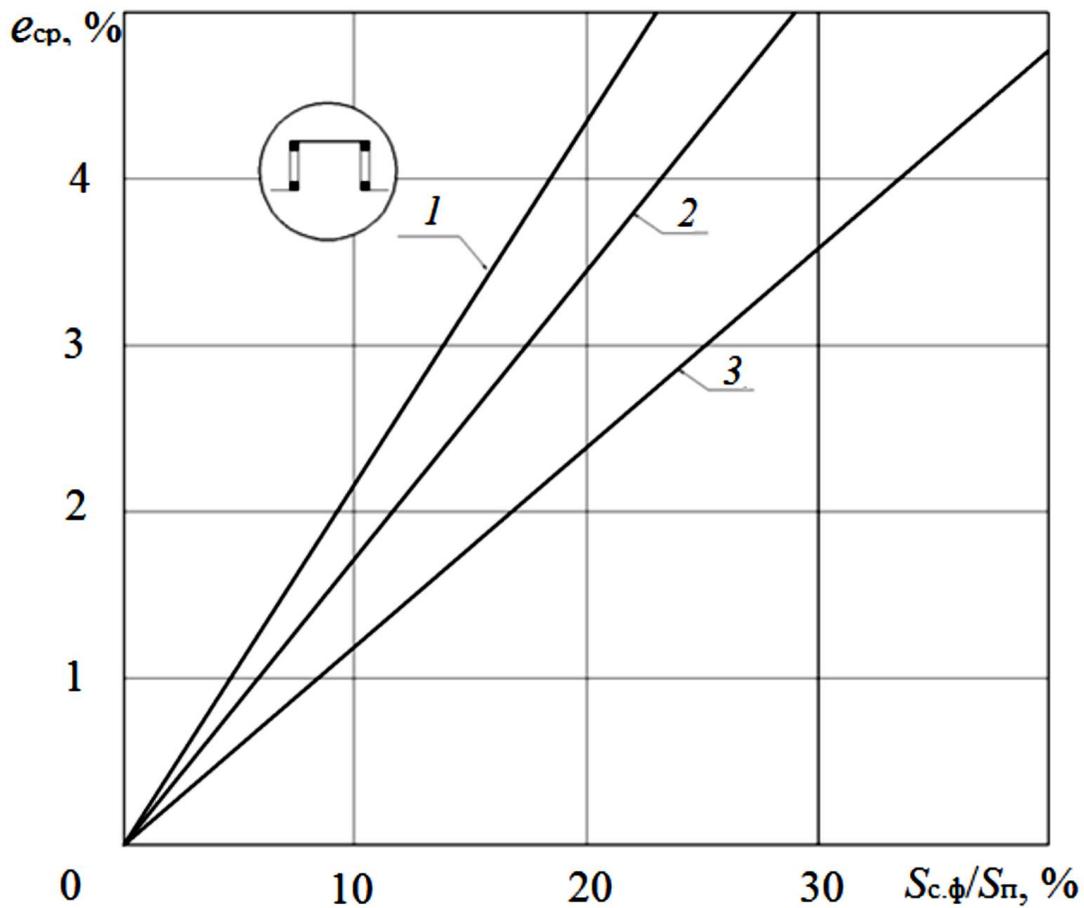
2,9×5,9 (1); 2,7×2,7; 2,9×2,9; 1,5×2,9 (2); 1,5×1,7 (3)

Рисунок 5 – График для определения среднего значения КЕО e_{cp} в производственных помещениях с шахтными фонарями диффузного света с глубиной светопроводной шахты 3,50 м и размерами в плане, м

б) на ординате графика определяют точку, соответствующую нормируемому значению КЕО, через найденную точку проводят горизонталь до пересечения с соответствующей кривой графика (рисунки 3 – 9), по абсциссе точки пересечения определяют значение $S_{c.ф}/S_{п}$;

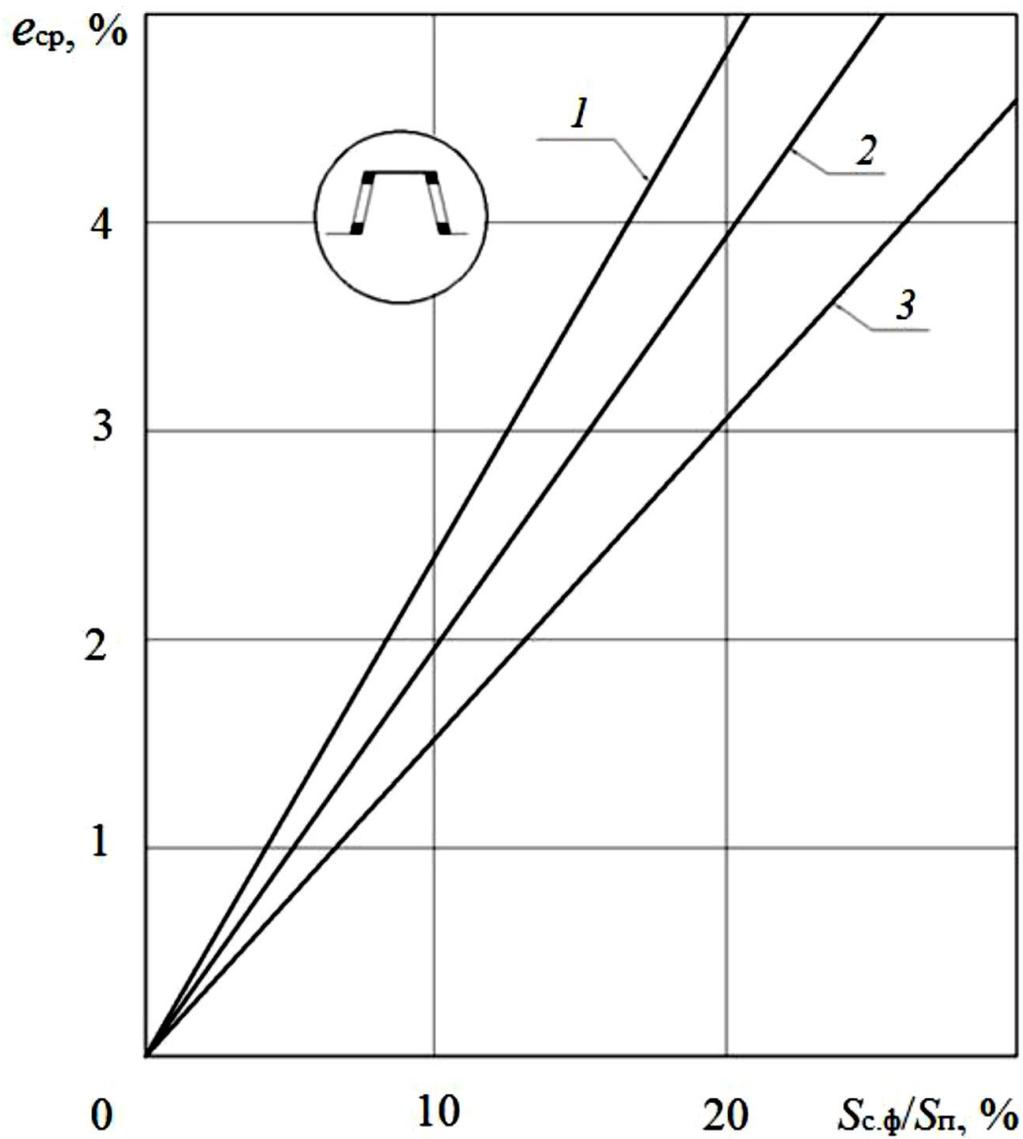
в) путем деления найденного значения $S_{с.ф}/S_{п}$ на 100 и умножения на площадь пола находят площадь световых проемов фонарей в квадратных метрах.

Для предварительного расчета размеров световых проемов при боковом освещении для помещений производственных зданий и рабочих кабинетов следует применять график, приведенный на рисунке 6.



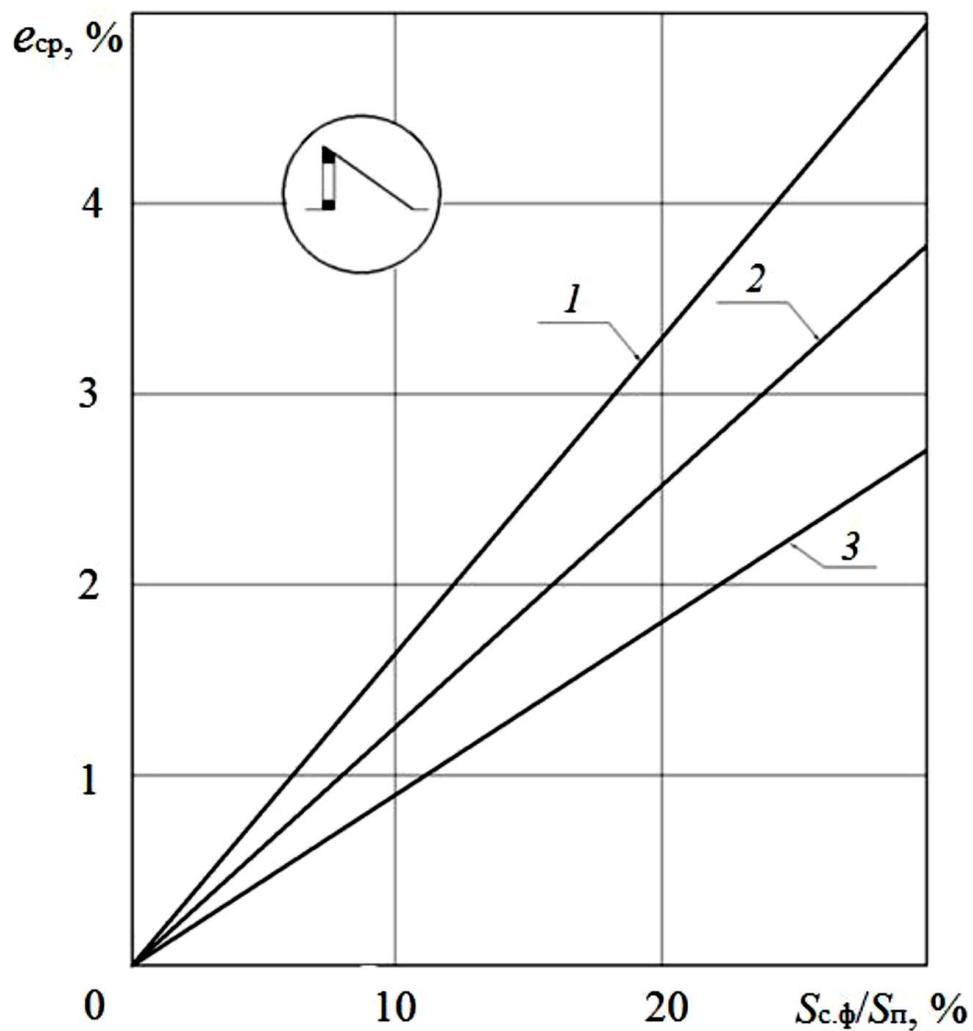
1 – три пролета и более; 2 – два пролета; 3 – один пролет

Рисунок 6 – График для определения среднего значения КЕО $e_{ср}$ в производственных помещениях с прямоугольными фонарями



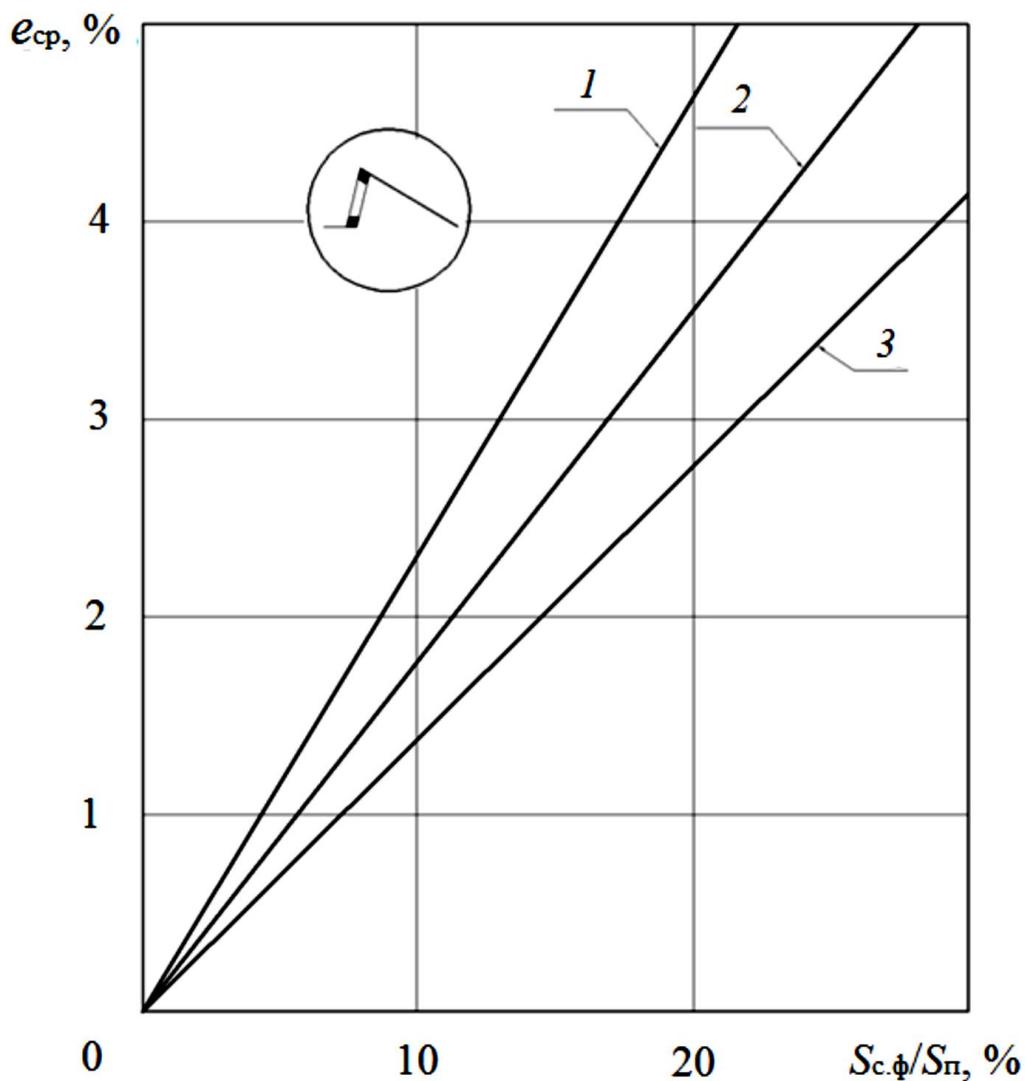
1 – три пролета и более; 2 – два пролета; 3 – один пролет

Рисунок 7 – График для определения среднего значения КЕО e_{cp} в производственных помещениях с трапециевидными фонарями



1 – три пролета и более; 2 – два пролета; 3 – один пролет

Рисунок 8 – График для определения среднего значения КЕО e_{cp} в производственных помещениях с шедовыми фонарями, имеющими вертикальное остекление



1 – три пролета и более; 2 – два пролета; 3 – один пролет

Рисунок 9 – График для определения среднего значения КЕО e_{cp} в производственных помещениях с шедовыми фонарями, имеющими наклонное остекление

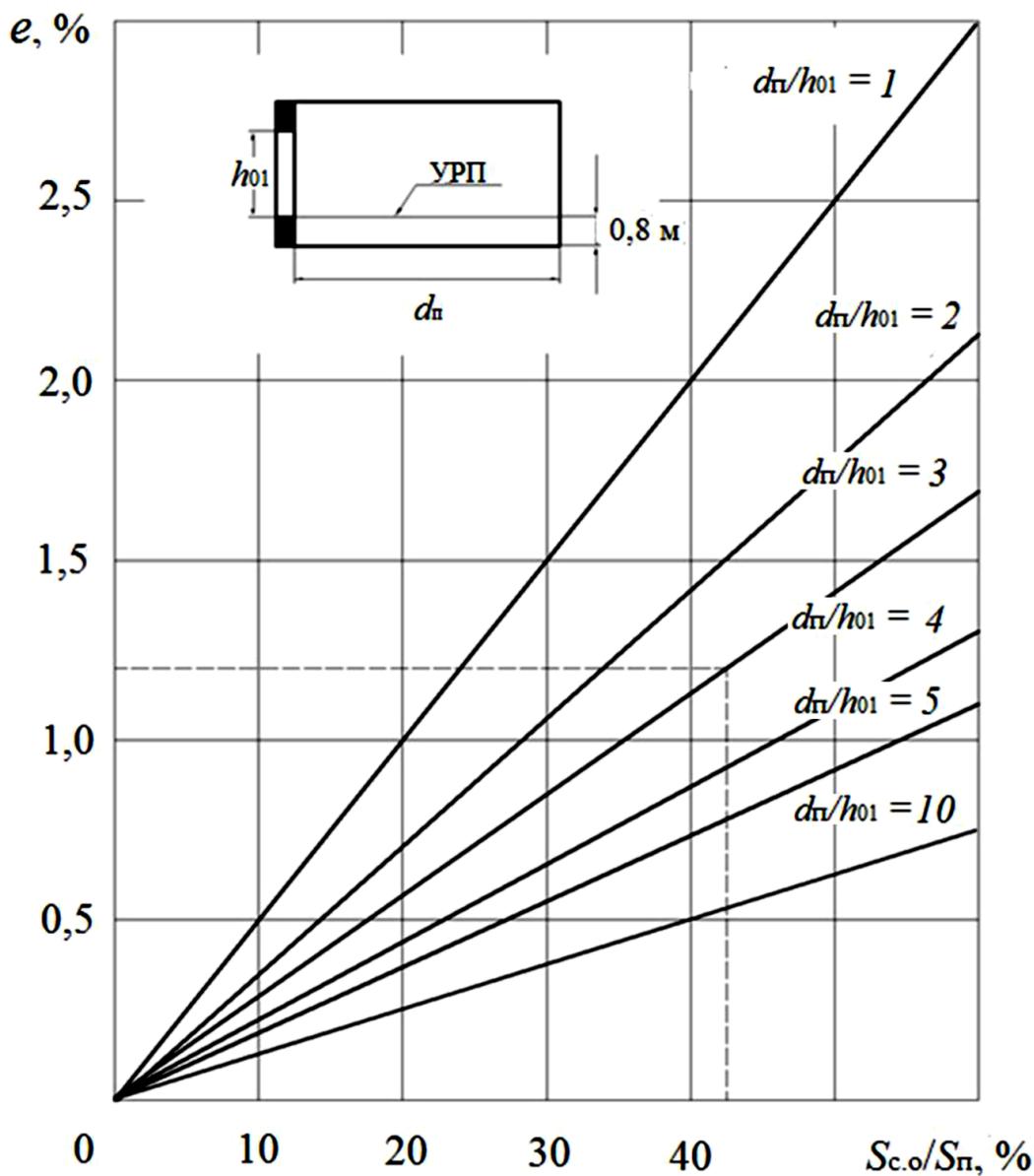


Рисунок 10 – График для определения КЕО e_{cp} при боковом освещении помещений производственных зданий и рабочих кабинетов

В случае, когда размеры и расположение световых проемов в проекте зданий были выбраны по архитектурно-строительным соображениям, предварительный расчет значений КЕО в помещениях с верхним освещением следует производить по рисункам 3 – 9, с боковым освещением – по рисунку 10.

Значения КЕО определяют по рисункам 3 - 9 в такой последовательности:

а) по строительным чертежам находят суммарную площадь световых проемов в свету (фонарей) $S_{с.ф}$, освещаемую площадь пола помещений $S_{п}$ и определяют значение $S_{с.ф}/S_{п}$;

б) с учетом типа светового проема и количества пролетов в помещении выбирают соответствующий график (рисунки 3 - 9);

в) по значениям $S_{с.ф}/S_{п}$ на графике находят точку с соответствующим значением КЕО.

Значения КЕО определяют по рисунку 10 в такой последовательности:

а) по строительным чертежам находят суммарную площадь световых проемов (в свету) $S_{с.о}$ и освещаемую площадь пола помещений $S_{п}$ и определяют значение $S_{с.о}/S_{п}$;

б) определяют глубину помещения $d_{п}$, высоту верхней грани световых проемов над уровнем УПР h_{01} и отношение $d_{п}/h_{01}$;

в) по значениям $S_{с.о}/S_{п}$ и $d_{п}/h_{01}$ на графике находят точку с соответствующим значением КЕО.

Графики (рисунки 3 - 9) разработаны применительно к наиболее часто встречающимся в практике проектирования габаритным схемам производственных зданий и типовому решению светопрозрачных конструкций:

- зенитных фонарей (рисунки 3 - 5) со стеклопакетами в металлических одинарных глухих переплетах;

- прямоугольных, трапециевидных и шедовых фонарей (рисунки 6 – 9) с одним слоем остекления в металлических одинарных переплетах.

График, приведенный на рисунке 6.8, разработан применительно к двухслойным стеклопакетам в спаренных металлических переплетах.

Если в проекте здания приняты другие типы заполнения световых проемов, то найденные по рисункам 3 - 10 значение относительной площади световых проемов следует делить, а значение КЕО умножать на коэффициент K_1 по таблице 47.

Таблица 47 - Поправочные коэффициенты K_1 для определения относительной площади световых проемов

| Тип заполнения | Значения коэффициента K_1 для графиков | | |
|--|--|------------------------|----------------------|
| | на рисунках 6.1-6.3 | на рисунках 6.4-6.7 | на рисунке 6.8 |
| Один слой оконного стекла в стальных одинарных глухих переплетах | 1.10 | 1.20 | 1.26 |
| То же в открывающихся переплетах | 0.94 | 1.00 | 1.05 |
| Один слой оконного стекла в деревянных одинарных открывающихся переплетах | - | - | 1.05 |
| Три слоя оконного стекла в отдельно спаренных металлических открывающихся переплетах | 0.73 | - | 0.82 |
| То же. в деревянных переплетах | - | - | 0.59 |
| Два слоя оконного стекла в стальных двойных открывающихся переплетах | 0.67 | 0.7 | 0.75 |
| То же. в глухих переплетах | 1.00 | 1.05 | - |
| Стеклопакеты (два слоя остекления) в стальных одинарных открывающихся переплетах* | 0.83 | 0.88 | 1.00 |
| То же в глухих переплетах* | 1.00 | 1.06 | 1.15 |
| Стеклопакеты (три слоя остекления) в стальных глухих спаренных переплетах* | 0.89 | - | 1.00 |
| Пустотелые стеклянные блоки | - | - | 0.70 |

* При применении других видов светопрозрачных конструкций, не отраженных в настоящей таблице, коэффициент K_1 принимают по результатам испытаний.

В случаях, когда при верхнем освещении длина помещения менее 72 м или высота более 10 м, найденное по рисункам 3 - 9 значение относительной площади световых проемов следует делить, а значение КЕО умножать на коэффициент K_2 : при устройстве фонарей прямоугольных, трапециевидных и шедовых по таблице 48 и зенитных по таблице 49.

Таблица 48 – Поправочные коэффициенты K_2 для определения относительной площади световых проемов при устройстве фонарей прямоугольных, трапециевидных и шедовых

| Высота от расчетной плоскости до низа остекления фонаря, м | Значение K_2 при длине помещения $a_{п. м}$ | | | | |
|--|---|------|------|------|------|
| | 72 и более | 60 | 48 | 36 | 24 |
| 10 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.80 | 0.70 |
| 15 | 0.85 | 0.83 | 0.80 | 0.70 | 0.55 |
| 25 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.45 | 0.32 |
| 35 | 0.55 | 0.48 | 0.45 | 0.32 | 0.18 |
| 45 | 0.50 | 0.43 | 0.45 | 0.23 | 0.12 |
| 55 | 0.47 | 0.40 | 0.32 | 0.20 | 0.10 |

Таблица 49 – Поправочные коэффициенты K_2 для определения относительной площади световых проемов при устройстве зенитных фонарей

| Высота от расчетной плоскости до низа остекления, м | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Значение K_2 | 0.95 | 0.91 | 0.87 | 0.84 | 0.77 | 0.73 | 0.68 | 0.64 | 0.60 |

Проверочный расчет КЕО в помещениях следует производить согласно СП 52.13330 и приложению А настоящего свода правил.

3.4 Проверочный расчет КЕО при боковом освещении

Проверочный расчет КЕО в точках характерного разреза помещения при боковом освещении следует выполнять в соответствии с методикой, изложенной в приложении А настоящего свода правил по формуле (А.1).

Расчет КЕО проводят в такой последовательности:

а) график I (рисунок 11) накладывают на поперечный разрез помещения таким образом, чтобы его полюс (центр) O совместился с расчетной точкой A (рисунок 13), а нижняя линия графика – со следом рабочей поверхности;

б) по графику I подсчитывают число лучей, проходящих через поперечный разрез светового проема от неба n_1 и от противостоящего здания n'_1 в расчетную точку A ;

в) отмечают номера полуокружностей на графике I, совпадающих с серединой C_1 участка светопроема, через который из расчетной точки видно небо, и с серединой C_2 участка светопроема, через который из расчетной точки видно противостоящее здание (рисунок 13);

г) график II (рисунок 12) накладывают на план помещения таким образом, чтобы его вертикальная ось и горизонталь, номер которой соответствует номеру концентрической полуокружности [перечисление в)], проходили через точку C_1 (рисунок 14);

д) подсчитывают число лучей n_2 по графику II, проходящих от неба через световой проем на плане помещения в расчетную точку A ;

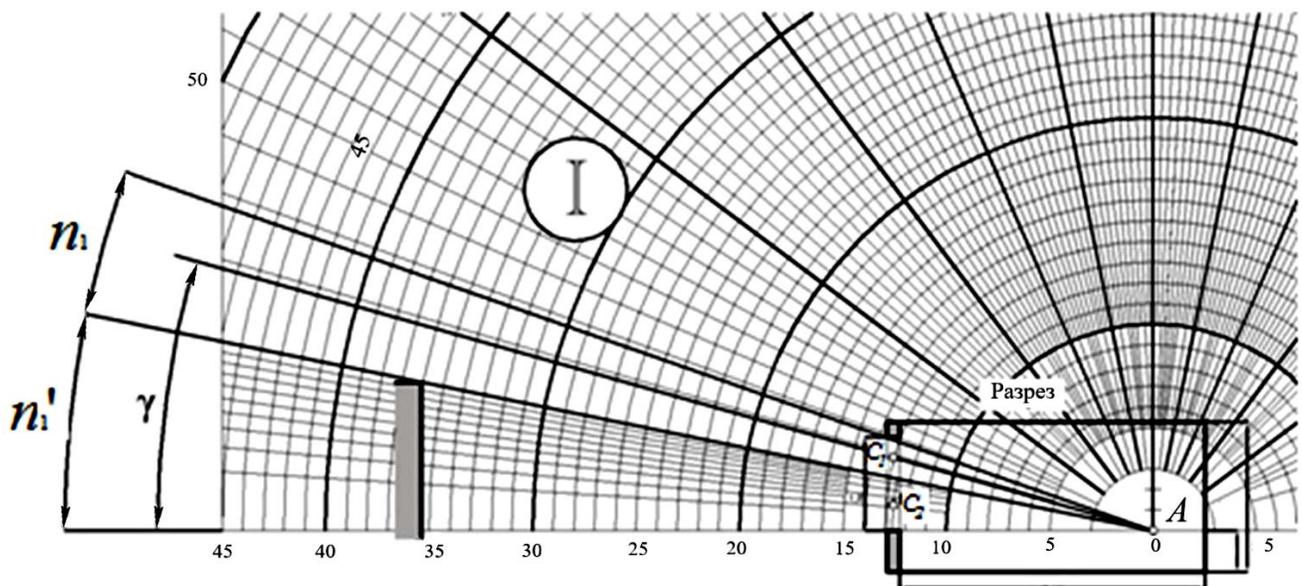
е) определяют значение геометрического КЕО ε_6 , учитывающего прямой свет от неба, по формуле (А.9);

ж) график II накладывают на план помещения таким образом, чтобы его вертикальная ось и горизонталь, номер которой соответствует номеру концентрической полуокружности [перечисление в)], проходили через точку C_2 ;

и) подсчитывают число лучей n_2^1 по графику II, проходящих от противостоящего здания через световой проем на плане помещения в расчетную точку А;

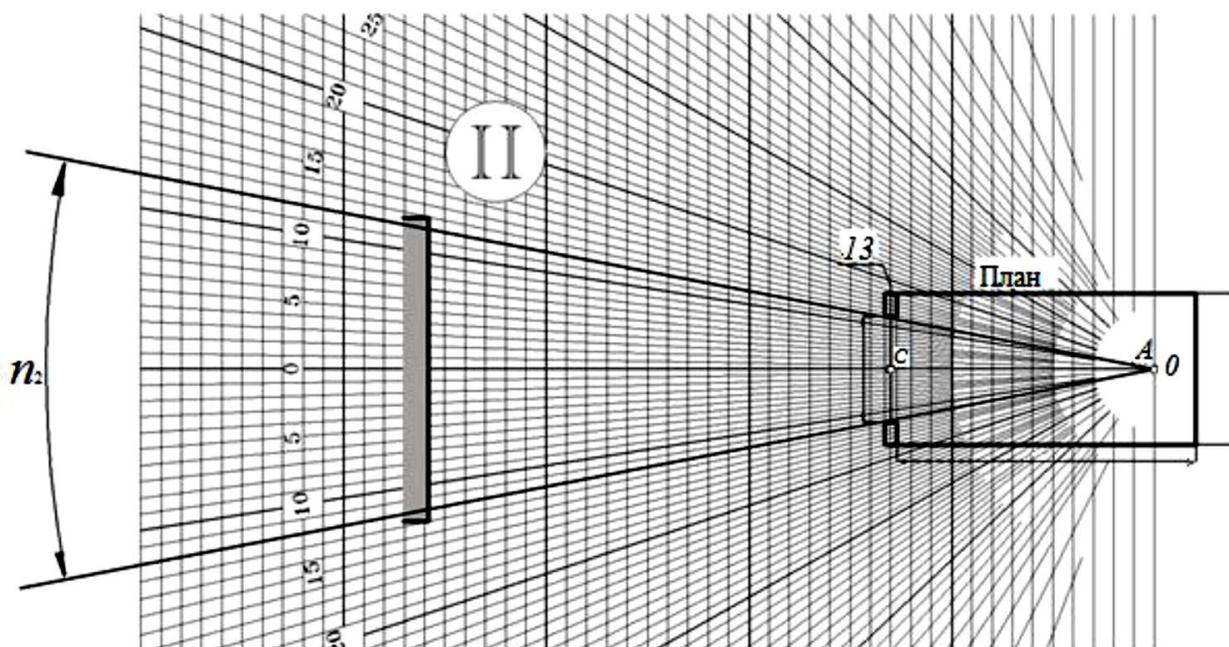
к) по формуле (А.10) определяют значение геометрического коэффициента естественной освещенности $\varepsilon_{зд}$, учитывающего свет, отраженный от противостоящего здания;

л) определяют значение угла γ , под которым видна середина участка неба из расчетной точки на поперечном разрезе помещения (рисунок 13);



А – расчетная точка; 0 – полюс графика I; C_1 – середина участка светового проема, через который из расчетной точки видно небо; C_2 – середина участка светового проема, через который из расчетной точки видно противостоящее здание

Рисунок 13 – Пример использования графика I для подсчета числа лучей от неба и противостоящего здания



A – расчетная точка; 0 – полюс графика II; 13 – горизонталь, номер которой соответствует номеру концентрической полуокружности, проходящей через точку C1

Рисунок 14 – Пример использования графика II для подсчета числа лучей от неба и противостоящего здания

м) по значению угла γ и заданным параметрам помещения и окружающей застройки в соответствии с приложением А определяют значения коэффициентов C_N , $q(\gamma)$, b_{ϕ} , $k_{зд}$, r_0 , τ_0 и MF , подставляют в формулу (А.1) и вычисляют значение КЕО в расчетной точке помещения.

Примечания

- 1 Графики I и II применимы только для световых проемов прямоугольной формы.
- 2 План и разрез помещения выполняют (вычерчивают) в одинаковом масштабе.

При наличии в помещении различно ориентированных световых проемов расчет КЕО в точках характерного разреза производят для каждого светового проема отдельно, а полученные значения КЕО для каждой точки суммируют.

3.5 Проверочный расчет КЕО при верхнем освещении

Проверочный расчет КЕО в точках характерного разреза помещения при верхнем освещении через прямоугольные, шедовые и трапециевидные фонари следует выполнять по формуле (А.2).

Расчет КЕО проводят в такой последовательности:

а) график I (рисунок 12) накладывают на поперечный разрез помещения таким образом, чтобы полюс (центр) 0 графика совмещался с расчетной точкой А, а нижняя линия графика – со следом рабочей поверхности (рисунки 15 и 16). Подсчитывают число радиально направленных лучей графика I, проходящих через поперечный разрез первого проема $(n_1)_1$, второго проема $(n_1)_2$, третьего проема $(n_1)_3$ и т.д.; при этом отмечают номера полуокружностей, которые проходят через середину первого, второго, третьего проемов и т. д.

б) определяют углы $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ и т.д. между нижней линией графика I и линией, соединяющей полюс (центр) графика I с серединой первого, второго, третьего проемов и т.д.;

в) график II (рисунок 6.10) накладывают на продольный разрез помещения; при этом график располагают так, чтобы его вертикальная ось и горизонталь, номер которой должен соответствовать номеру полуокружности на графике I, проходили через середину проема (рисунок 17, точка C_1).

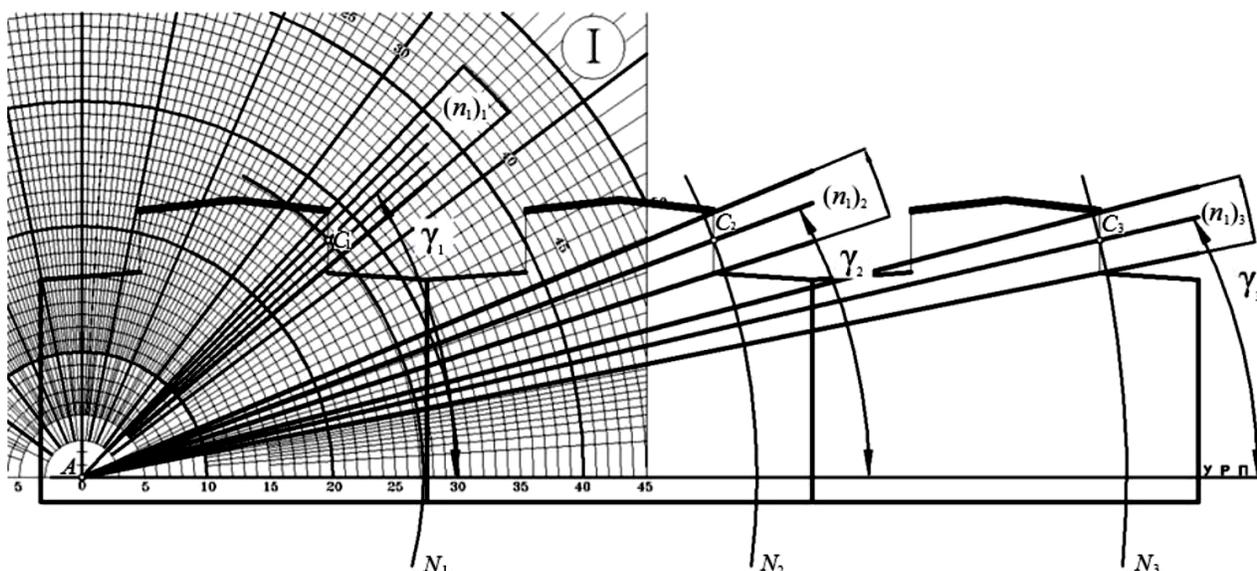
Подсчитывают число лучей по графику II, проходящих через продольный разрез первого проема $(n_2)_1$, второго проема $(n_2)_2$, третьего проема $(n_2)_3$ и т.д.;

г) вычисляют значение геометрического КЕО ε_{B1} в первой точке характерного разреза помещения по формуле

$$\varepsilon_{B1} = 0,01 ((n_1q n_2)_1 + (n_1q n_2)_2 + (n_1q n_2)_3 + \dots + (n_1q n_2)_i), \quad (19)$$

где i – число световых проемов;

$q(\gamma)$ – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость участка неба свода, видимого из первой точки соответственно под углами $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ и т. д.;



А – расчетная точка; C_1 – середина светопроема; γ – угол между нижней линией графика I и линией, соединяющей центр графика I с серединой светопроема; N – номер полуокружности графика I, проходящей через середину светопроема; УРП – уровень рабочей поверхности

Рисунок 15 – Схема определения по графику I количества лучей n , углов γ и номеров полуокружностей в трехпролетном производственном здании с прямоугольными фонарями верхнего света

д) повторяют вычисления в соответствии с перечислениями а) – г) для всех точек характерного разреза помещения до N включительно (где N – число точек, в которых производят расчет КЕО);

е) определяют среднее значение геометрического КЕО $\varepsilon_{ср}$ по формуле (А.7);

ж) по заданным параметрам помещения и световых проемов в соответствии с приложением А определяют значения r_2, k_{ϕ}, τ_0 ;

$$e_p^B = 100S_{\text{ф.в}} \tau_0 \sum_{i=1}^{N_{\text{ф}}} q(\alpha_i) \cos^{(2+2/K_c)} \alpha_i / \pi h_p^2 MF + \varepsilon_{\text{ср}} (r_2 - 1) \tau_0 MF, \quad (20)$$

где $S_{\text{ф.в}}$ – площадь входного отверстия фонаря;

$N_{\text{ф}}$ – число фонарей;

i – номер фонаря;

$q(\alpha)$ – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость фонаря и определяемый по рисунку 18;

α – угол между прямой, соединяющей расчетную точку с центром нижнего отверстия фонаря, и нормалью к этому отверстию;

$\varepsilon_{\text{ср}}$ – среднее значение геометрического КЕО;

K_c – коэффициент светопередачи фонаря, определяемый для фонарей с диффузным отражением стенок по рисунку 19, а для фонарей с направленным отражением стенок – по рисунку 20 по значению индекса светового проема шахтного фонаря $i_{\text{ф}}$;

MF – расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения (коэффициент эксплуатации).

Индекс светового проема фонаря с отверстиями в форме прямоугольника $i_{\text{ф}}$ определяют по формуле

$$i_{\text{ф}} = 4 \cdot (S_{\text{ф.в}} + S_{\text{ф.н}}) / (\sqrt{\pi} \cdot h_{\text{с.ф}} \cdot (P_{\text{ф.в}} + P_{\text{ф.н}})), \quad (21)$$

где $S_{\text{ф.н}}$ – площадь нижнего отверстия фонаря;

$S_{\text{ф.в}}$ – площадь верхнего отверстия фонаря;

$h_{\text{с.ф}}$ – высота светового проема фонаря;

$P_{\phi.н}, P_{\phi.в}$ – периметр верхнего и нижнего отверстий фонаря соответственно.

Индекс светового проема фонаря с отверстиями в форме круга определяется по формуле

$$i_{\phi} = (r_{\phi.в}^2 + r_{\phi.н}^2) / (P_{\phi.в} + P_{\phi.н})h_{с.ф}, \quad (22)$$

где $r_{\phi.в}, r_{\phi.н}$ – радиус верхнего и нижнего отверстий фонаря.

Коэффициент τ_0 определяют по формуле А.7, r_2 - по таблице А.11, коэффициент эксплуатации MF – по таблице 4.3 СП 52.13330.2016.

Расчет проводят в следующем порядке:

а) вычисляют значение геометрического КЕО в первой точке характерного разреза помещения по формуле

$$\varepsilon_1 = 100S_{\phi.в} \sum_{i=1}^{N_{\phi}} q(\alpha_i) \cos^{(2+2/K_c)} \alpha_i / \pi h_p^2; \quad (23)$$

б) повторяют вычисления в соответствии с перечислением а) для всех точек характерного разреза помещения до N_j включительно (где N_j – число точек, в которых производят расчет КЕО);

в) определяют $\square_{ср}$ по формуле

$$\varepsilon_{ср} = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots + \varepsilon_{N_j}) / N_j; \quad (24)$$

г) последовательно для всех точек вычисляют прямую составляющую КЕО $\sigma_{пр}$ по формуле

$$\sigma_{\text{пр}} = \varepsilon_j \tau_0 MF; \quad (25)$$

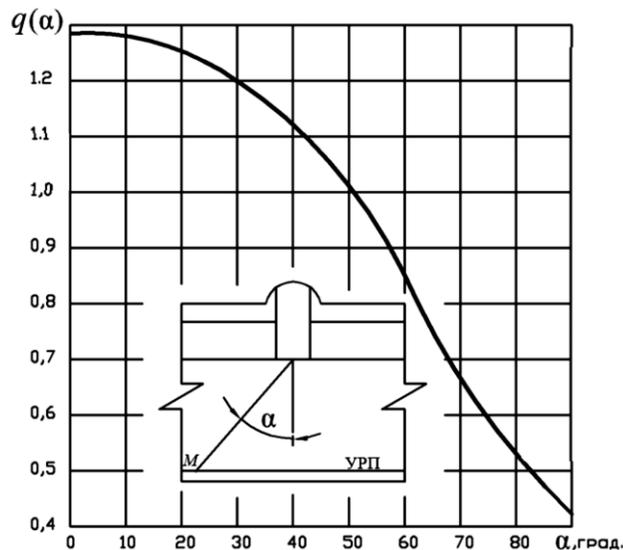
д) определяют отраженную составляющую КЕО $\sigma_{\text{отр}}$, значение которой одинаково для всех точек, по формуле

$$\sigma_{\text{отр}} = \varepsilon_{\text{ср}}(r_2 - 1)\tau_0 MF; \quad (26)$$

е) определяют расчетное значение КЕО e_p^B в каждой точке характерного разреза с учетом отраженного от поверхностей помещения и прямого света по формуле

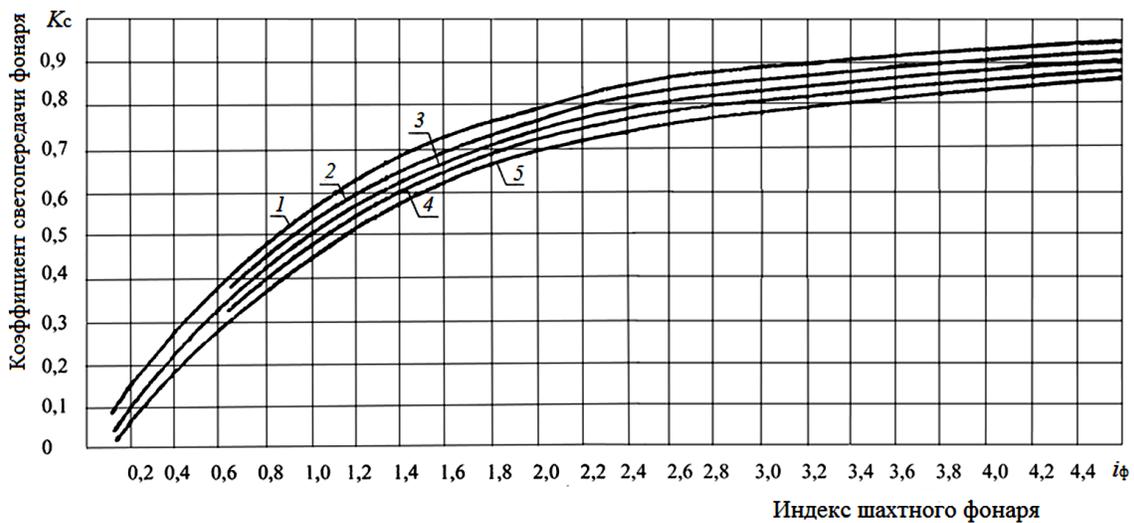
$$e_p^B = \sigma_{\text{пр}} + \sigma_{\text{отр}}. \quad (27)$$

Проверочный расчет среднего значения КЕО в плоскости характерного разреза помещения при верхнем освещении следует выполнять по формуле (А.8). Число расчетных точек в плоскости характерного разреза помещения должно быть не менее пяти.



М – точка расчета

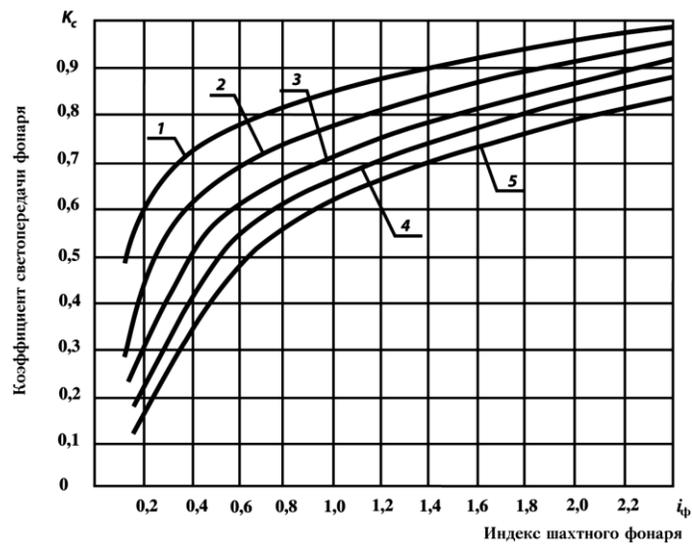
Рисунок 18 – График для определения коэффициента $q(\square)$ в зависимости от угла α



1 – $r_d = 0,9$; 2 – $r_d = 0,8$; 3 – $r_d = 0,7$; 4 – $r_d = 0,6$; 5 – $r_d = 0,5$

r_d – коэффициент диффузного отражения

Рисунок 19 – График для определения коэффициента светопередачи K_c фонарей с диффузным отражением стенок шахты



1 – $r_n = 0,9$; 2 – $r_n = 0,8$; 3 – $r_n = 0,7$; 4 – $r_n = 0,6$; 5 – $r_n = 0,5$

r_n – коэффициент направленного отражения

Рисунок 20 – График для определения коэффициента светопередачи K_c фонарей с направленным отражением стенок шахты

4 Совмещенное освещение

4.1 Общие положения

Совмещенное освещение помещений производственных зданий рекомендуется применять в следующих случаях:

а) при технико-экономических преимуществах по сравнению с естественным освещением;

б) в помещениях, в которых выполняются зрительные работы I и II разрядов точности;

в) когда выбранные по условиям технологии и организации производства объемно-планировочные решения зданий не позволяют обеспечить достаточное по нормам естественное освещение помещений;

г) при строительстве зданий в районах с суровыми климатическими условиями (северные строительно-климатические районы), в которых с целью снижения теплопотерь целесообразно сокращать до минимума площадь световых проемов;

д) в цехах с крупногабаритным оборудованием, затеняющим естественный свет;

е) при повышенных требованиях к интенсивности, качеству и постоянству освещения на рабочих местах, которые трудно или невозможно удовлетворить при одном естественном освещении;

ж) когда по условиям выбора рациональных объемно-планировочных решений вспомогательных помещений промышленных предприятий предусматриваются помещения большой глубины с боковым освещением.

Примечания

1 Совмещенным освещением называют освещение, при котором в светлое время суток одновременно используются естественный и искусственный свет, при этом недостаточное по условиям зрительной работы естественное освещение дополняют искусственным освещением.

2 Совмещенное освещение устраивают только в помещениях с недостаточным естественным освещением, в которых расчетное значение КЕО составляет менее 90 % нормированного.

4.2 Выбор значений КЕО и освещенности при совмещенном освещении

Нормируемые значения КЕО при совмещенном освещении в производственных помещениях, расположенных в разных группах административных районов Российской Федерации, при верхнем и боковом освещении следует принимать по таблице 4.1 и приложению Л СП 52.1333.2016.

Допускается снижать нормируемые значения КЕО и принимать их в соответствии с таблицей 50:

а) в районах с температурой наиболее холодной пятидневки по СП 131.13330 минус 28 °С и ниже;

б) в помещениях с боковым освещением, глубина которых по технологии или рациональным объемно-планировочным решениям не позволяет обеспечить нормируемое значение КЕО, указанное в таблице 47 СП 52.13330.2016 для совмещенного освещения;

в) в помещениях, в которых выполняются зрительные работы разрядов I–III.

В производственных помещениях при нормируемых значениях КЕО в соответствии с 4.2:

а) освещенность от светильников системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк;

б) освещенность от светильников общего освещения в системе комбинированного освещения необходимо повышать на одну ступень по шкале освещенности, за исключением помещений, в которых выполняют зрительные работы разрядов Ia, Ib, IIa;

в) коэффициент пульсации K_p для зрительных работ разрядов I–III не должен превышать 10 %.

Таблица 50 – Наименьшие значения нормируемых КЕО для производственных помещений при совмещенном освещении

| Разряд зрительных работ | Наименьшее значение нормируемого КЕО e_n , %. | |
|-------------------------|---|-----------------------|
| | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении |
| I | 3,0 | 1,2 |
| II | 2,5 | 1,0 |
| III | 2,0 | 0,7 |
| IV | 1,5 | 0,5 |
| V, VII | 1,0 | 0,3 |
| VI | 0,7 | 0,2 |

4.3 Проектирование совмещенного освещения

Проектирование совмещенного освещения основывается на предварительном изучении объемно-планировочного решения здания, технологических или функциональных процессов, протекающих в помещениях, расположения крупногабаритного оборудования, светоклиматических и климатических особенностей места строительства.

Проектирование совмещенного освещения выполняют в такой последовательности:

а) в соответствии с исходными данными и требованиями СП 52.13330 определяют разряд преобладающих в помещении зрительных работ, по разряду зрительной работы устанавливают нормируемые значения КЕО и освещенности от искусственного освещения;

б) определяют характеристики системы естественного освещения и ограж-

дений здания: тип, размеры, заполнение и расположение световых проемов, светотехнические и теплотехнические параметры заполнения световых проемов, теплотехнические параметры глухих ограждений здания;

в) определяют характеристики системы общего искусственного освещения: тип, число и световой поток источников света; тип и число светильников, их светотехнические характеристики, время использования искусственного освещения;

г) определяют место расположения здания на карте строительно-климатического районирования территории по СП 131.13330 и устанавливают основные климатические параметры: среднюю температуру наиболее холодной пятидневки, среднюю температуру наружного воздуха за отопительный период; продолжительность отопительного периода; продолжительность вентиляционного периода; среднесуточные значения суммарной солнечной радиации на различно ориентированные поверхности;

д) выполняют расчет энергетических затрат по методике, изложенной разделе 10 настоящего свода правил;

е) выбирают вариант, обеспечивающий минимальный срок окупаемости и удовлетворяющий требованиям СП 52.13330. Равноэкономичные (различающиеся не более чем на 5%) по сроку окупаемости варианты освещения следует сравнивать по суммарным энергозатратам и выбрать наименее энергоемкий.

5 Проектирование естественного и совмещенного освещения типовых производственных помещений

5.1 Основные производственные помещения предприятий машиностроения

Проектирование естественного и совмещенного освещения предприятий машиностроения должно осуществляться с учетом особенностей технологии производства.

При выборе конструктивного решения и количества слоев остекления в за-

в зависимости от климата места расположения зданий и характера внутренней среды производственных помещений рекомендуется руководствоваться таблицей 51.

Таблица 51 – Количество слоев остекления в зависимости от климата места расположения зданий и характера внутренней среды производственных помещений

| Категория помещения по внутренней среде | Характеристика внутренней среды | Примерный перечень помещений | $(t_{в-} - t_{3,5})^*$, °С | Количество слоев остекления |
|--|--|--|--------------------------------|---|
| С нормальным температурно-влажностным режимом | Избыток тепловыделений – не более 23 Вт/м ³ , температура в рабочей зоне – 16–18°С, относительная влажность – 50–60 %, скорость движения воздуха в рабочей зоне – 0,3 м/с | Цехи: механические и инструментальные; сварных конструкций (заготовительные, механические и сборочные отделения); ремонтно-строительные; металлопокрытий; окрасочные | До 35 От 35 до 49 Св. 49 | 1 2 3 |
| С повышенным температурно-влажностным режимом с горячей сухой средой | Избыток тепловыделений – свыше 23 Вт/м ³ , температура в рабочей зоне – 20–25°С, относительная влажность – менее 50 %, скорость движения воздуха – 0,5 м/с | Чугонолитейные и сталелитейные (комплексно-механизированные участки литейного производства); кузнечные; термические; плавильные; склады горячих заготовок | Любая | 1** |
| С повышенным температурно-влажностным режимом с горячей влажной средой | Избыток тепловыделений – свыше 23 Вт/м ³ , температура в рабочей зоне 18–20 °С, относительная влажность 60–75 %, скорость движения воздуха – 0,5 м/с | Травильные; гальванические; электролиза меди и никеля; сушильные | До 49 Св. 49 | 1** 2** |
| С влажной средой и незначительными тепловыделениями | Избыток тепловыделений менее 23 Вт/м ³ , температура в рабочей зоне 16–18°С, относительная влажность 60–75 %, скорость движения воздуха – 0,3 м/с | Никелировочные | До 35 Св. 35 | 3 (при обеспечении мер защиты от выпадения конденсата) |

Продолжение таблицы 51

| | | | | |
|---|---|---|-------------------------|--|
| <p>Со строго заданными параметрами (постоянная температура, влажность и чистота воздуха)</p> | <p>Избыток тепловыделений – менее 23 Вт/м³; остальные параметры среды определяются технологическими требованиями</p> | <p>Точного машиностроения, приборостроения, сборки радиоэлектронной аппаратуры, оптико-механических и электроизмерительных приборов</p> | <p>До 49 Св. 49</p> | <p>2 2 3 (при влажности свыше 60 % необходимы меры защиты от выпадения конденсата)</p> |
| <p>С внутренней средой, зависящей от условий внешней среды</p> | <p>Ограничения по температуре и влажности устанавливаются в зависимости от технологических требований и физических свойств материалов и изделий</p> | <p>Склады сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, гаражи и производственные помещения без постоянного пребывания в них людей; цехи металлических конструкций и металлозаготовительные</p> | <p>Любая</p> | <p>1</p> |
| <p>* Разность температуры внутреннего воздуха и средней температуры наиболее холодной пятидневки, °С. ** Целесообразно применять светоаэрационные фонари.</p> | | | | |

Для верхнего естественного освещения помещений с нормальным температурно-влажностным режимом следует применять зенитные фонари.

Выбор типоразмеров унифицированных зенитных фонарей рекомендуется производить в зависимости от разряда зрительной работы и высоты производственных помещений согласно таблицы 52.

Таблица 52 – Типоразмеры зенитных фонарей в зависимости от разряда зрительной работы и высоты производственных помещений

| Высота здания (до низа фермы), м | Разряд зрительной работы | Размеры фонарей в плане, м |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| До 6 | I-III | 1,5 x 5,9 2,7 x 2,7 2,9 x 2,9 |
| | IV-VIII | 1,5 x 1,7 1,5 x 2,9 1,5 x 3,9 |
| 6-12,6 | I-III | 2,7 x 2,7 2,9 x 2,9 2,9 x 3,9 2,9 x 5,9 |
| | IV-VIII | 1,5 x 3,9 1,5 x 5,9 |
| Св. 12,6 | I-V | 2,9 x 5,9 |
| | VI-VIII | 1,5 x 5,9 2,7 x 2,7 2,9 x 2,9 2,9 x 3,9 |

При проектировании зданий, располагаемых в III и IV строительноклиматических районах со среднемесячной температурой наружного воздуха за июль месяц выше +21°C, в зенитных фонарях следует предусматривать солнцезащиту.

Выбор площади и расположения зенитных фонарей в покрытии здания производят по преобладающему в помещении разряду зрительной работы с учетом:

- а) результатов технико-экономического расчета освещения;

б) возможности сохранения равноценных условий освещения при изменении расположения технологического оборудования, перепланировки помещения и т.п.

В том случае если значения КЕО в помещениях меньше значений, указанных в таблице 3 СП 52.13330.2016, норму освещенности от искусственного освещения повышают на одну ступень по шкале освещенности.

Для экономии электроэнергии освещенность от искусственного освещения целесообразно повышать на одну ступень только в зоне расположения технологического оборудования и рабочих мест, исключая проходы и проезды.

Выбор источников света и светильников при проектировании совмещенного освещения рекомендуется производить в зависимости от разряда зрительной работы, особенностей технологии и высоты производственных помещений по таблице 53.

Ряды светильников рекомендуется располагать параллельно световым проемам в наружных стенах или параллельно технологическому оборудованию.

Отделку потолков, стен, перегородок и других поверхностей помещений, а также технологического оборудования следует осуществлять материалами с высокими коэффициентами отражения, обеспечивающими повышение освещенности рабочих мест за счет отраженного света. Основным поверхностям интерьера следует придавать матовую фактуру, а коэффициент отражения поверхностей принимать в следующих пределах:

0,6–0,8 – для верхней зоны интерьера – потолков, открытых ферм, балок, ригелей, участков стен и перегородок в межферменном пространстве, подъемно-транспортных средств, мостовых кранов и т.п.;

0,4–0,7 – для средней зоны интерьеров – стен, перегородок, колонн, антресолей, этажерок, ворот, дверей и т.п.;

0,3–0,5 – для производственного оборудования – станков, машин, аппаратов, приборов, средств внутрицехового транспорта и т.п.;

0,2–0,45 – для нижней зоны интерьера – полов, цокольных участков стен и перегородок, фундаментов машин и аппаратов.

Таблица 53 – Источники света и светильники для совмещенного освещения

| Разряд зрительной работы | Высота помещений, м | Тип светильника и источника света |
|--------------------------|---------------------|--|
| I-IV | До 6 м | Светодиодные светильники с матовыми рассеивателями со световым потоком не менее 3000 лм, светильники с люминесцентными лампами Т5 с матовыми рассеивателями |
| | От 6 до 10 | Светодиодные светильники с рассеивателем со световым потоком не менее 5000 лм, светильники с рассеивателями с металлогалогенными лампами мощностью не менее 250 Вт |
| | Св. 10 | Светодиодные светильники с рассеивателем со световым потоком не менее 9000 лм, металлогалогенные лампы мощностью не менее 400 Вт |
| V-VIII | До 6 м | Светодиодные светильники с рассеивателем со световым потоком не менее 5000 лм, светильники с металлогалогенными лампами с рассеивателями мощностью не менее 250 Вт |
| | От 6 до 10 | Светодиодные светильники со световым потоком не менее 5000 лм, светильники с металлогалогенными лампами мощностью не менее 250 Вт |
| | Св. 10 | Светодиодные светильники со световым потоком не менее 9000 лм, металлогалогенные лампы мощностью не менее 400 Вт |

5.2 Помещения с зенитными и шахтными фонарями

К помещениям с шахтными фонарями рекомендуется относить производственные помещения с межферменным этажом или подвесными потолками.

Размещать зенитные и шахтные фонари следует с учетом конструктивных элементов покрытия, инженерных коммуникаций и оборудования, размещаемых в межферменном этаже или пространстве подвесного потолка, а также в увязке с расположением светильников и с учетом требований равномерности освещения:

а) в плане квадратные и круглые фонари рекомендуется размещать по углам квадрата, а прямоугольные – по углам прямоугольник с соотношением сторон в

поперечном и продольном направлениях, соответствующим соотношению сторон основания опорного стакана или выходного отверстия светопроводной шахты;

б) в целях обеспечения равномерности освещения размеры выходных отверстий фонарей должны быть не более 0,25–0,50 высоты помещения, а расстояние между крайним рядом фонарей и стеной для светопроема не должно превышать 0,50 расстояния между средними рядами фонарей;

в) фонари рекомендуется размещать между фермами покрытия на площади, свободной от инженерных коммуникаций и оборудования.

Шахтные фонари рекомендуется устраивать на базе типовых решений зенитных фонарей. Верхнее отверстие светопроводной шахты стыкуется с основанием зенитного фонаря, выходное отверстие светопроводной шахты должно быть на уровне потолка основного помещения.

Отделку внутренних полостей опорного стакана зенитных фонарей и светопроводную шахту шахтных фонарей диффузного света выполняют белыми красками по тщательно подготовленной, выровненной грунтовкой поверхности.

Светопроводные шахты фонарей направленного света конструктивно выполняют следующим образом:

а) стенки шахты из листовой стали с антикоррозионным покрытием облицовывают алюминиевой технической фольгой толщиной не менее 0,20 мм и крепят по контуру алюминиевыми накладками и самонарезающими винтами;

б) стенки шахты из асбоцементных листов обклеивают алюминиевой фольгой, используя каучуковые клеи. Асбоцементные листы с наклеенной фольгой крепят к каркасу шахты с помощью алюминиевых фасонных профилей и самонарезающих винтов;

в) каркас шахты из алюминиевого профиля облицовывают листами алюминиевой технической фольги толщиной 0,50 мм, которые крепят болтами после предварительного натяжения.

Выбор шахтных фонарей в зависимости от назначения зданий, высоты помещения и разряда зрительной работы проводят по таблице 52.

В производственных зданиях с кондиционированным режимом выходное отверстие светопроводной шахты фонаря рекомендуется заполнять армированным стеклом.

При расположении зданий в III и IV климатических районах в зенитных и шахтных фонарях, у которых $i_{\phi} \geq 0,5$, необходимо применять солнцезащитные устройства.

Суммарная площадь шахтных фонарей в зданиях не должна превышать 20 % освещаемой площади пола.

5.3 Рабочие кабинеты и здания управления

Освещение рабочих кабинетов должно проектироваться на основе следующих требований:

а) создание необходимых условий освещения на рабочих столах, расположенных в глубине помещения, при выполнении разнообразных зрительных работ (чтение типографского и машинописного текстов, рукописных материалов, различение деталей графических материалов и т.п.);

б) обеспечение зрительной связи с наружным пространством;

в) защита помещений от слепящего и теплового действия инсоляции;

г) благоприятное распределение яркостей в поле зрения.

Боковое естественное освещение рабочих кабинетов должно осуществляться отдельными световыми проемами (одно окно на каждый кабинет). В целях снижения необходимой площади световых проемов высоту подоконника над уровнем пола следует принимать не менее 1 м.

Независимо от расположения здания в административных районах по ресурсам светового климата нормируемые значения КЕО следует принимать применительно к совмещенной системе освещения по приложению Л СП 52.13330.2016.

Для обеспечения зрительного контакта с наружным пространством заполнение световых проемов следует выполнять светопрозрачным оконным стеклом.

Для ограничения слепящего действия солнечной радиации в рабочих кабинетах необходимо предусматривать шторы и легкие регулируемые жалюзи. При проектировании зданий управления для III и IV климатических районов следует предусматривать оборудование световых проемов, ориентированных на сектор горизонта в пределах $200\text{--}290^\circ$, солнцезащитными устройствами.

Коэффициенты отражения света ρ внутренними поверхностями рабочих кабинетов должны быть не менее:

| | |
|-------------------------------|---------|
| потолка и верхних частей стен | – 0,80; |
| нижних частей стен | – 0,50; |
| пола | – 0,40; |
| мебели | – 0,40. |

6 Расчет времени использования естественного освещения в помещениях

Технико-экономическая оценка различных вариантов естественного и совмещенного освещения помещений должна производиться для всего года или отдельных его сезонов. Продолжительность использования естественного освещения следует определять промежуточным временем между моментами выключения (утром) и включения (вечером) искусственного освещения, когда естественная освещенность становится равной нормированному значению освещенности от установки искусственного освещения.

В помещениях производственных зданий, в которых расчетное значение КЕО составляет 80 % и нормируемого значения КЕО и менее, нормы искусственной освещенности повышают на одну ступень по шкале освещенности.

Расчет естественной освещенности в помещениях следует производить в зависимости от групп административных районов по ресурсам светового климата и рассматриваемого периода года:

а) при расположении зданий в 1, 3 и 4-й группах административных районов для всех месяцев года – по облачному году;

б) при расположении зданий во 2-й и 5-й группах административных районов для зимней половины года (ноябрь – апрель) – по облачному небу, для летней половины года (май – октябрь) – по безоблачному небу.

Среднюю естественную освещенность в помещении при верхнем освещении от облачного неба в какой-либо момент времени суток определяют по формуле

$$E_{\text{ср}} = 0,01e_{\text{ср}}E_{\Gamma}^{\circ}, \quad (28)$$

где $e_{\text{ср}}$ – среднее значение КЕО;

E – наружная горизонтальная освещенность при сплошной облачности;

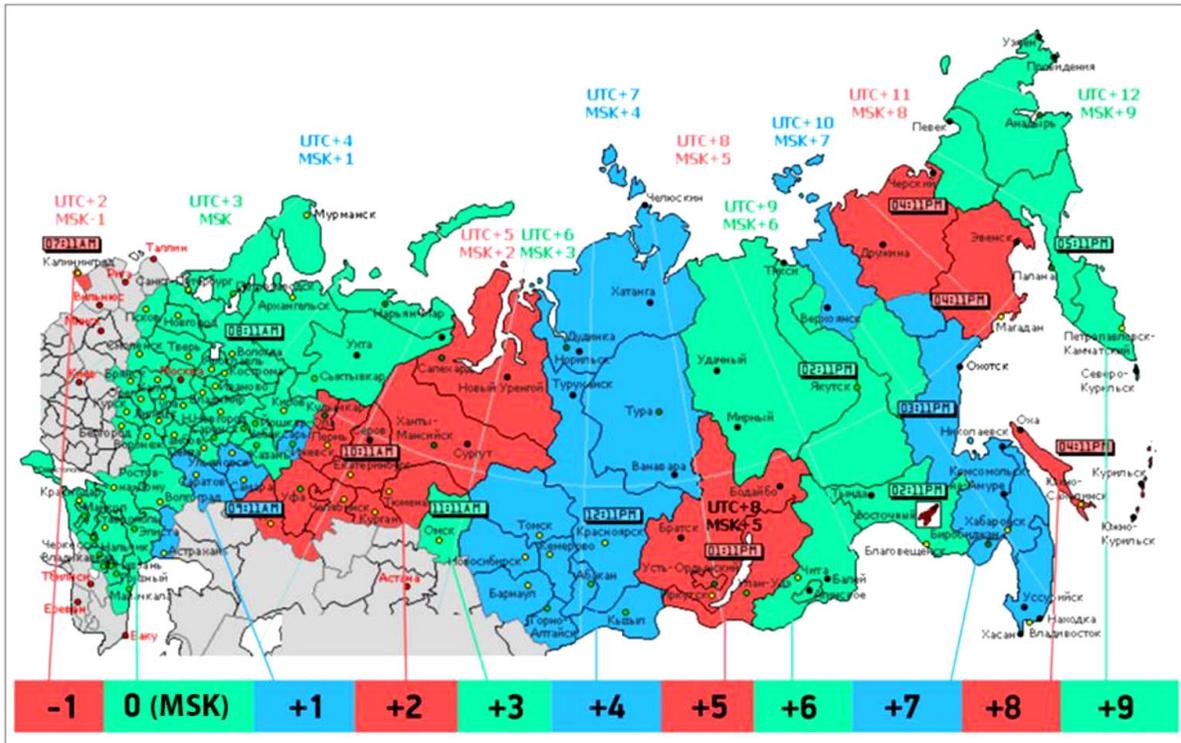
Значения наружной освещенности в приложении Е приведены для местного среднего солнечного времени $T_{\text{М}}$. Переход от местного декретного времени к местному среднему солнечному производят по формуле

$$T_{\text{М}} = T_{\text{Д}} - N + \lambda - 1, \quad (29)$$

где $T_{\text{Д}}$ – местное декретное время;

N – номер часового пояса (рисунок 21);

λ – географическая долгота пункта, выраженная в часовой мере ($15^{\circ} = 1$ ч).



UTC – Всемирное координированное время; MSK – московское время

Рисунок 21 – Карта часовых поясов Российской Федерации

Значение естественной освещенности в заданной точке А $E_{ГА}^0$ при боковом освещении в условиях сплошной облачности определяют по формуле

$$E_{ГА}^0 = 0,01 e_p^6 | E_{Г}^0, \quad (30)$$

где e_p^6 – расчетное значение КЕО в точке А помещения при боковом освещении; определяют по формуле (А.1) приложения А;

$E_{Г}^0$ – наружная освещенность на горизонтальной поверхности при облачном небе.

Расчет естественной освещенности $E_{ГМ}^я$ в заданной точке М помещения от окон при безоблачном небе следует производить:

а) при отсутствии солнцезащитных средств в светопроемах и противостоящих зданий по формуле

$$E_{гМ}^я = 0,01\tau_0 r_0 \beta_6 \varepsilon_{6i} E_B^я, \quad (31)$$

б) при затенении окон противостоящими зданиями по формуле

$$E_{гМ}^я = 0,01\tau_0 r_0 (\beta_6 \varepsilon_{6i} E_B^я + \rho_{\phi} b_{\phi i} K_{зд} E_B^{сум}), \quad (32)$$

в) при наличии солнцезащитных средств в светопроемах по формуле

$$E_{гМ}^я = 0,01\tau_0 r_0 \varepsilon_{6i} E_B^{сум}, \quad (33)$$

где ε_{6i} – геометрический КЕО, определяемый по формуле (А.9) приложения А;
 β_6 – коэффициент относительной яркости участка неба, видимого через светопроем; принимают по таблице 54.

Таблица 54 – Коэффициенты относительной яркости участка безоблачного неба, видимого из расчетной точки через световой проем

| Ориентация светопроемов | Значение коэффициента β_6 в зависимости от времени суток. ч:мин | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 |
| В | 2 | 3,1 | 3 | 1,9 | 1,4 | 1,25 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,55 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,95 | 1,85 |
| ЮВ | 1,05 | 1,1 | 1,45 | 2,5 | 2,6 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,45 | 1,6 | 1,85 | 1,9 |
| Ю | 1,5 | 1,35 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,85 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,35 | 1,5 |
| ЮЗ | 1,9 | 1,85 | 1,6 | 1,45 | 1,35 | 1,3 | 1,25 | 1,3 | 1,5 | 1,9 | 2,6 | 2,5 | 1,45 | 1,1 | 1,05 |
| З | 1,85 | 1,95 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,55 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,25 | 1,4 | 1,9 | 3 | 3,1 | 2 |
| СЗ | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,75 | 1,75 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,25 | 1,25 | 1,3 | 1,9 | 2,9 |
| С | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,45 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,65 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,45 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |
| св | 2,9 | 1,9 | 1,3 | 1,25 | 1,25 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,75 | 1,75 | 1,7 | 1,5 | 1,3 |

Примечание - В настоящей таблице применены следующие условные обозначения: В - восток: З - запад: С - север: СВ - северо-восток: СЗ - северо-запад: Ю - юг: ЮВ - юго-восток: ЮЗ - юго-запад.

$E_B^я$ – наружная освещенность в вертикальной плоскости, создаваемая рассеянным светом безоблачного неба; принимают в зависимости от ориентации поверхности фасада здания и времени суток по таблице Е.4;

$b_{\phi i}$ – средняя относительная яркость фасадов противостоящих зданий; определяют по таблице А.2;

$K_{зд i}$ – определяют по формуле (А.5).

ρ_{ϕ} – средневзвешенный коэффициент отражения фасадов противостоящих зданий; принимают по таблице А.3;

$E_B^{сум}$ – наружная суммарная освещенность на вертикальной поверхности, создаваемая рассеянным светом неба, прямым светом солнца и светом, отраженным от земной поверхности; принимают по таблице Е.4.

Расчет средней естественной освещенности в помещении от безоблачного неба при верхнем освещении в зависимости от типа светового проема проводят:

а) при световых проемах в плоскости покрытия, имеющих заполнение из светорассеивающих материалов, по формуле

$$E_{cp} = 0,01 \tau_0 r_2 k_{\phi} \varepsilon_{cp} E_{\Gamma}^{сум}; \quad (34)$$

б) при световых проемах в плоскости покрытия, имеющих заполнение из светопрозрачных материалов, по формуле

$$E_{cp} = 0,01 \tau_0 r_2 k_{\phi} \beta_{в} \varepsilon_{cp} E_{\Gamma}^{сум}, \quad (35)$$

в) при шедовых фонарях по формуле

$$E_{cp} = 0,01 \tau_0 r_2 k_{\phi} \beta_{в} \varepsilon_{cp} E_{\Gamma}^я, \quad (36)$$

г) при прямоугольных фонарях по формуле

$$E_{\text{ср}} = 0,01 \tau_0 r_2 k_{\text{ф}} \beta_{\text{в}} \varepsilon_{\text{ср}} (E_{\text{в}}^{\text{я}'} + E_{\text{в}}^{\text{я}''}), \quad (37)$$

где τ_0 – общий коэффициент пропускания света;

r_2 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, принимаемый по таблице А.11;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа фонаря и определяемой по таблице А.12;

$\varepsilon_{\text{ср}}$ – см. формулу (А.8);

$E_{\text{г}}^{\text{сум}}$ – суммарная наружная освещенность на горизонтальной поверхности, создаваемая безоблачным небом и прямым светом солнца; принимают по таблице Е.3;

$E_{\text{г}}^{\text{я}}$ – наружная освещенность на горизонтальной поверхности, создаваемая безоблачным небом; принимают по таблице Е.3;

$\beta_{\text{в}}$ – коэффициент относительной яркости участков безоблачного неба, видимых через светопроемы; принимают по таблице 9.2;

$E_{\text{в}}^{\text{я}'}$ и $E_{\text{в}}^{\text{я}''}$ – наружная освещенность на двух противоположных сторонах вертикальной поверхности; принимают по таблице Е.4.

Примечания

1 Прямой солнечный свет в расчетах освещенности учитывают при наличии в световых проемах солнцезащитных средств или светорассеивающих материалов, в остальных случаях прямой солнечный свет не учитывают.

2 Значения расчетных коэффициентов в таблицах 9.1 и 9.2 приведены для местного среднего солнечного времени.

Таблица 55 – Коэффициенты относительной яркости участков безоблачного неба, видимых из расчетной точки через световые проемы

| Тип светового проема | Значение коэффициента p_v в зависимости от времени суток, ч:мин | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 |
| Прямоугольный фонарь | 1,3 | 1,42 | 1,52 | 1,54 | 1,42 | 1,23 | 1,15 | 1,14 | 1,15 | 1,23 | 1,42 | 1,54 | 1,52 | 1,42 | 1,3 |
| В плоскости покрытия | 0,7 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,1 | 1Д4 | 1,16 | 1,17 | 1,16 | 1,14 | 1Д | 1,05 | 0,95 | 0,85 | 0,7 |
| Шедовый фонарь (ориентированный на СЗ, С, СВ) | 1 | 1Д7 | 1,13 | 1,04 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,04 | 1,13 | 1,17 | 1 |
| Примечание - В настоящей таблице применены следующие условные обозначения: С - север; СВ - северо-восток; СЗ - северо-запад. | | | | | | | | | | | | | | | |

7 Технико-экономическая оценка систем естественного освещения по энергетическим затратам

Технико-экономическая оценка систем естественного освещения и совмещенного освещения заключается в определении срока окупаемости дополнительных единовременных вложений, требующихся для изменения системы естественного освещения помещения.

Технико-экономическую оценку осуществляют в такой последовательности:

а) определяют нормируемые значения КЕО для помещения при естественном и совмещенном освещении;

б) определяют нормы искусственной освещенности в соответствии с разрядом и подразрядом зрительных работ в соответствии с СП 52.13330;

в) определяют расчетное значение КЕО e_p ;

г) расчетное значение КЕО e_p сравнивают с нормируемым значением, при этом могут иметь место три случая:

1) e_p более нормируемого. В этом случае возможно уменьшение размеров световых проемов и дальнейший технико-экономический расчет проводят для сравнения вариантов систем естественного освещения с различными размерами световых проемов;

2) e_p более 0,8 нормируемого. В этом случае возможно увеличение размеров световых проемов и дальнейший технико-экономический расчет проводят для сравнения вариантов систем естественного освещения с различными размерами световых проемов;

3) e_p более нормируемого при совмещенном освещении, но менее 0,8 нормируемого при естественном освещении. В этом случае возможно увеличение размеров световых проемов и дальнейший технико-экономический расчет проводят для сравнения варианта системы естественного освещения с увеличенными размерами световых проемов с вариантом системы совмещенного освещения без увеличения размеров световых проемов.

В случае выполнения условия по перечислению в исследуемом помещении изменяют систему освещения. При этом рассматривают два варианта изменения системы:

1) в рассматриваемой системе освещения помещения нормы искусственной освещенности повышают на одну ступень шкалы освещенности в соответствии с пунктом 6.6 СП 52.13330.2016 (первая система естественного освещения);

2) изменяют систему естественного освещения, отличающуюся увеличением площади световых проемов. Эта система естественного освещения помещения должна обеспечивать расчетное значение КЕО не менее 0,8 нормируемого (вторая система естественного освещения помещения).

Сравнение затрат для вариантов возможных изменений системы освещения помещения производят в такой последовательности:

а) рассчитывают разницу единовременных затрат ΔK на первую и вторую системы естественного освещения помещения по формуле

$$\Delta K = K_2 - K_1 = (S_2 - S_1)(\zeta_{ок} - \zeta_{ст}), \quad (38)$$

где S_1 и S_2 – площади светопроемов, m^2 ;

$\zeta_{ок}$ – цена заполнения светопроема, руб/ m^2 ;

$\zeta_{ст}$ – цена возведения ограждающей конструкции, в которой расположен светопроем, руб/ m^2 ;

б) рассчитывают разницу теплопоступлений через световые проемы между первой и второй системами естественного освещения помещения в течение отопительного периода.

Теплопоступления через светопроем с ориентацией j , кВт·ч/год, рассчитывают по формуле

$$Q_{рад} = g_{ок} \cdot \tau_{2ок} \cdot S \cdot I_j^{веп} \cdot 0,28 \cdot 10^{-6}, \quad (39)$$

где $I_j^{веп}$ – суммарная радиация за отопительный период для вертикальной поверхности, ориентированной по направлению j , МДж/(год· m^2);

S – площадь окна, ориентированного по направлению j , m^2 ;

$g_{ок}$ – коэффициент общего пропускания солнечной энергии светопрозрачной частью, относительные единицы;

$\tau_{2ок}$ – коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения, относительные единицы;

Разницу теплопоступлений через световые проемы между первой и второй системами естественного освещения рассчитывают по формуле

$$\Delta Q_{рад} = Q_{рад2} - Q_{рад1} = I_j^{веп} g_{ок} \cdot (\tau_{2ок2} S_2 - \tau_{2ок1} S_1) \cdot 0,28 \cdot 10^{-6}; \quad (40)$$

в) рассчитывают разницу теплопотерь через световые проемы между первой и второй системами естественного освещения помещения в течение отопительного периода, кВт·ч/год, по формуле

$$\Delta Q_{\text{тп}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} (S_2 - S_1) \cdot \left[\frac{1}{R_{\text{ок}}^{\text{пр}}} - \frac{1}{R_{\text{ст}}^{\text{пр}}} \right], \quad (41)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода района строительства $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$; правила определения приведены в [1]; рассчитывают по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) z_{\text{от.пер}}, \quad (42)$$

где $t_{\text{в}}$ – нормируемая температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{от.пер}}$ – средняя температура отопительного периода района строительства, $^{\circ}\text{C}$, определяемая по СП 50.13330;

$z_{\text{от.пер}}$ – продолжительность отопительного периода района строительства, сут/год, определяемая по СП 50.13330;

$R_{\text{ок}}^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче заполнения светового проема, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{ст}}^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, в которой расположен световой проем, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

г) рассчитывают разницу среднегодовых затрат на потери теплоты за отопительный период $\Delta Z_{\text{т}}$, обусловленную изменением системы естественного освещения помещения, с учетом притока тепла от солнечной радиации через световые проемы по формуле

$$\Delta Z_{\text{т}} = (\Delta Q_{\text{тп}} - \Delta Q_{\text{рад}}) \cdot C_{\text{т}}, \quad (43)$$

Ст – перспективная цена тепловой энергии, руб/(кВт·ч);

д) рассчитывают разницу среднегодовых затрат на потребление электрической энергии $\Delta Z_э$, обусловленную изменением системы естественного освещения помещения, по формуле

$$\Delta Z_э = (w_2 \Sigma z_2 - w_1 \Sigma z_1) S_{п} C_э, \quad (44)$$

где w_1, w_2 – удельная установленная мощность системы искусственного освещения помещения, Вт/м², для первой и второй систем естественного освещения помещения; определяют по таблице 7.2 СП 52.13330.2016;

$\Sigma z_1, \Sigma z_2$ – продолжительность использования искусственного освещения в помещении, ч/год, для первой и второй систем естественного освещения помещения; определяют расчетом;

$S_{п}$ – площадь помещения, м²;

$C_э$ – перспективная цена электрической энергии, руб./(кВт·ч);

е) рассчитывают разницу среднегодовых эксплуатационных затрат по формуле

$$\Delta Э = (\Delta Z_m - \Delta Z_э). \quad (45)$$

Проверяют условие окупаемости затрат на изменение системы естественного освещения помещения с первой на вторую:

$$\Delta K \leq \Delta Э / (p/100), \quad (46)$$

где p – процентная ставка по кредиту банка, %.

Если условие не выполняется, то это означает, что затраты на изменение системы естественного освещения помещения в соответствии со второй системой

естественного освещения помещения не окупятся и выгоднее принять первую систему естественного освещения помещения, т.е. повысить нормы искусственного освещения помещения на ступень.

При этом технико-экономический расчет заканчивают.

При выполнении условия проводят расчет срока окупаемости измененной системы естественного освещения помещения по формуле

$$T_o = \ln[1/(1 - (\Delta K/\Delta \mathcal{E}) \cdot (p/100))]/\ln(1 + p/100). \quad (47)$$

Проводят сопоставление расчетного срока окупаемости измененной системы естественного освещения помещения с принятым предельно допустимым значением $T_{o,доп}$. Если $T_o < T_{o,доп}$, то экономически оправдан выбор второй системы естественного освещения помещения, в противном случае экономически оправдан выбор первой системы естественного освещения помещения.

8 Влияние освещенности на организм человека

Влияние освещения на здоровье человека нельзя недооценить: некачественный свет негативно воздействует на зрительный аппарат, вызывает переутомление, дискомфорт, мигрени, бессонницу, снижает работоспособность. Свет имеет еще одно важнейшее свойство – воздействовать на наши биоритмы. Известно, что при естественном освещении активность человека выше, нежели при искусственном свете. В солнечную погоду люди отмечают более высокую работоспособность, чем в пасмурный день. Зимой, когда световой день короче, мы менее продуктивны, чем летом. Воздействие света на человека вызывает реакцию особого светочувствительного фотопигмента в глазу, что, в свою очередь, может оказывать влияние на наши циркадные циклы.

Циркадным циклом называют суточное изменение биологических процес-

сов, протекающих в организме человека. Такой цикл включает в себя периоды сна и бодрствования, активности и расслабленности, продуктивности и усталости. Изменение биологических ритмов обусловлено действием гормонов: мелатонин отвечает за сон, кортизол – за активность, допамин – за настроение и т.д. В течение суток уровень этих гормонов изменяется, что приводит к естественной смене биоритмов. Здоровый циркадный цикл обеспечивает хорошее самочувствие, бодрость, умственную и физическую активность, полноценный сон. Суточный циркадный ритм выражается в смене фаз активности восстановления всех органов и систем человека – сердца, мозга, нервной системы, обмена веществ. Наиболее ярко смену ритмов демонстрируют периоды сна и бодрствования. Другие проявления циркадных ритмов менее заметны, но они находят отражение в поведении человека, в состоянии его здоровья, в периодах активности и усталости. Так, установлено, что работоспособность имеет несколько пиков в течение дня, в 10, 15 и 17 часов, а в 22-23 часа организм испытывает физиологический спад и перестраивается на режим покоя.

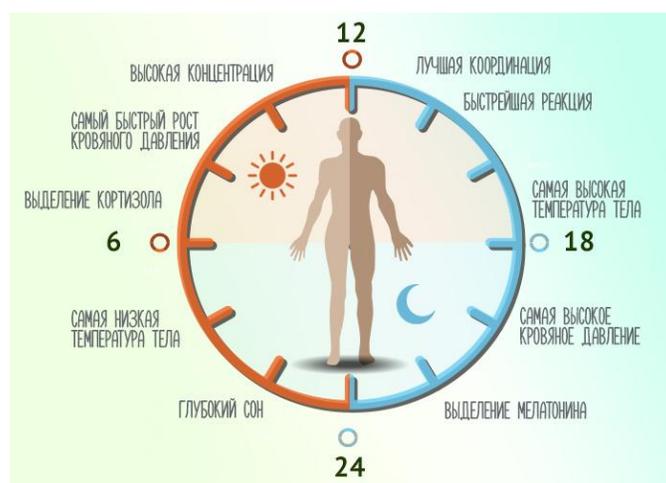


Рисунок 22 – Циркадные циклы

Циркадные циклы неразрывно связаны с освещением. Вечером, при снижении интенсивности естественного света, повышается активность гормона мелатонина, отвечающего за расслабление организма.

Уровень активности снижается, человек испытывает усталость и сонливость. С рассветом воздействие света возрастает, а уровень мелатонина уменьшается, и организм постепенно переходит в фазу активности. Ее спад, снижение настроения, ощущение сонливости и вялости, ухудшение состояния здоровья в осенне-зимний период объясняются поздними рассветами и недостатком солнечного света, так как именно эти факторы провоцируют повышение уровня мелатонина и снижение выработки «гормона бодрости» кортизола. Таким образом, интенсивность дневного света и биоритмы организма человека находятся в прямой зависимости. Этот факт позволяет говорить о возможности гармонизировать циркадные циклы с помощью освещения. Ученые провели много исследований, в результате которых доказано влияние освещения на безопасность и производительность труда, и именно:

а) грамотное проектирование системы освещения рабочего места способствует эффективной работе, внимательности и собранности работоспособности до 32%;

б) при улучшении освещенности значительно повышается производительность и качество работы; в) по статистике несчастных случаев на рабочих местах, где правильно подобрана система освещения, происходит в два раза меньше;

г) качественное освещение в учебных аудиториях оказывает позитивное влияние на учеников и студентов, они легче воспринимают учебный материал, при этом меньше устают. А такое популярное заболевание как близорукость исключается.

В любом помещении освещение должно быть рациональным, что сочетает хороший световой поток, высокое качество, экономичность и безопасность. Недостаточная освещенность рабочих мест может являться причиной снижения производительности и качества работы, получения производственных травм. Поэтому качественный свет – залог безопасной работы. Он повышает трудоспособность и снижает риск травматизма на рабочем месте.

9 Эргономика освещения

Для человека, который управляет машиной, следит за технологическим процессом или выполняет работу, требующую напряжения глаз, должны быть созданы хорошие условия освещения.

При проектировании промышленного объекта и отдельных рабочих мест должна быть решена проблема освещения как естественным (дневным), так и искусственным светом. Освещение не только необходимо для выполнения рабочего задания, но оно также имеет влияние на психическое состояние и физическое здоровье вообще. Хорошее освещение и высокая интенсивность света на рабочем месте улучшает зрительное восприятие и увеличивает производительность умственного и физического труда и его безопасность.

Снижение зрительной работоспособности - следствие плохого качества освещения и недостаточной освещенности на рабочем месте. Оно проявляется болями глаз и головы, ухудшением аккомодационной и конвергентной способностей глаз, ослаблением внимания, усталостью. Оно снижает скорость реакции, понижает психические и моторные функции организма, и по прошествии некоторого времени возникают усталость и раздражительность. Влияние этих факторов снижает производительность труда, повышается степень брака в работе (количество ошибок). Недостаточность освещения является причиной многих травм на производстве.

При проектировании машин, рабочих мест, пультов и панелей управления необходимо предусмотреть такое освещение, которое отвечало бы требованиям хорошего видения (легкого и надежного считывания показаний на пультах и панелях управления), а также психологическим и физиологическим требованиям, предъявляемым к зрительной деятельности работающего человека.

Свет - это излучение, вызывающее зрительные ощущения и представляющее электромагнитные волны, которые испускаются источником света или предметом, от которого отражается свет. Человеческий глаз реагирует только на небольшую

часть этих волн: 390-760 нм. Чувствительность глаза к ним волнам очень велика и колеблется в пределах 10^{-5} - 10^6 лк.

Хорошее освещение на рабочем месте играет следующую роль:

- физиологическую (дает возможность человеку видеть, работать, творить);
- эксплуатационную (позволяет считывать визуальную информацию всевозможного вида);
- психологическую (создает благоприятные стимулы и настроение);
- обеспечения безопасности (создает предпосылки к большей безопасности работы);
- гигиеническую, стимулирует поддержание чистоты.

Оптимальная интенсивность освещения рабочей поверхности определяется типом выполняемой зрительной работы. Оно должно быть тем больше, чем тоньше работа, чем меньше детали, которые требуется различать (и чем старше люди, работающие с этими деталями), чем темнее материал, чем меньше светлота или цветовой контраст детали с окружающим пространством, чем короче экспозиция, чем выше цветовая теплота света, чем выше запыленность окружающего пространства и чем больше расстояние, на котором рассматривается деталь.

Равномерность освещения рассматривается как отношение наименьшего освещения (интенсивности) рабочего места к наибольшему освещению (интенсивности). Чем точнее зрительная работа, тем равномернее должна быть освещенность. Отношение освещенности рабочей поверхности к полной освещенности окружающего пространства не должно превышать 10: 1. Отношение 40: 1 освещенностей двух поверхностей, находящихся в поле зрения, неприятно, а отношение 100:1 - болезненно для глаз человека. Оптимальному контрасту двух освещенных поверхностей, находящихся в поле зрения, соответствуют отношения освещенностей 3:1 - 5:1. Иногда рекомендуется отношение освещенностей между рабочей поверхностью, ближайшим окружением и фоном 10:3:1 (10:4:3). Для трудноизмеряемых освещенностей существуют нормы равномерности наименее

освещенное место рабочего пространства должно иметь минимум 70% освещенности по сравнению с наиболее освещенным местом. Идеально равномерное освещение всего интерьера сглаживает формы всех предметов и притупляет чувствительность глаз (в этом случае оно не идеально).

Направление света определяется необходимостью объемного восприятия рассматриваемого объекта [например, обработка, рельеф (шероховатость) поверхности или считывание рисок на линейке] и стремлением не допустить ослепления прямым или отраженным светом. На рабочей поверхности не должно быть скрепления отбрасываемых теней; серьезно мешают тени передвигающихся предметов и частей машины, падающие на рабочую поверхность. Направление искусственного света должно приближаться к направлению дневного света, самым благоприятным направлением является направление слева сверху и немного сзади.

Более важным, чем направление света слева, является то, чтобы свет хорошо рассеивался без резких теней.

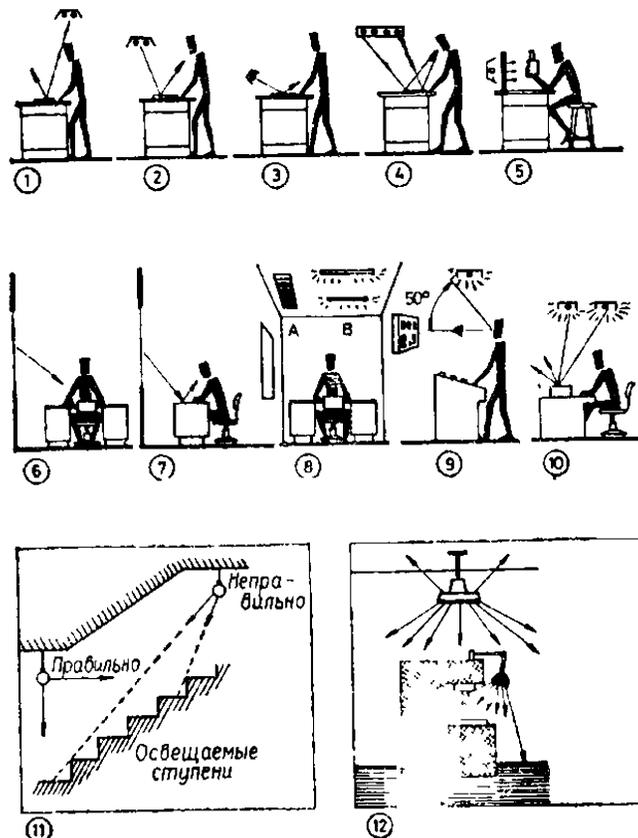


Рисунок 23 – Положение светильника к направлению света

1 - светильник не освещает отраженным светом, 2 светильник освещает отраженным светом, 1 - удобное расположение светильника при контроле качества поверхности (шероховатостей неровностей), 4 - большой светильник, световой поток которого отражается прямо в глаза работающему; 5 - контроль изделия в проходящем свете панели С малой светимостью, 6 - рекомендуемое направление света, 7 - нерекондуемое направление света (ослепляет и создает неприятные затемнения), 6 - установка ламп (А - удобное с применением решетки, И - неудобное поскольку трубки ослепляют особенно при большом контрасте источника света и фона); Р - удобное размещение светильника (отсутствие ослепления), 10 - освещение глянцевой поверхности, 11 - грани ступеней не должны отбрасывать тень на плоскости ступеней. 12 - рекомендуемые значения комбинированного освещения (потолок 2%, общее освещение 10% местное освещение 88%).

Пластичность освещения. Объекты должны освещаться таким образом, чтобы выявить их форму и объем. Объемное видение облегчает распознавание удаленных объектов и пространственную ориентацию. Необходимую затененность, выявляющую пластику определенного предмета, регулируют местным освещением. Собственные тени предмета должны помочь выявлению его собственных форм. В учреждениях необходима мягкая затененность.

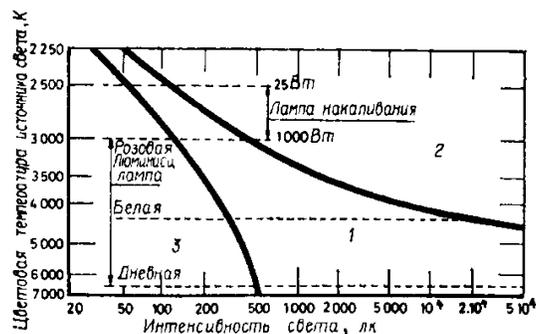


Рисунок 24 – Влияние интенсивности и цвета освещения.

Диаграмма Кройтгофа служит ориентировочным вспомогательным средством определения эстетически приятного или неприятного освещения при зри-

тельной работе, эстетически приятное и естественное освещение определяется точкой пересечения интенсивности света (в лк) и цветовой температуры (в К) внутри области $\{ / \}$ ограниченной кривыми. Если точка пересечения лежит вне ее, то освещение не является естественным и искажает цвет (2) или становится холодным с ощущением недостатка света (3).

Цветовой спектр. С точки зрения психологии желательно, чтобы цвет искусственного освещения (спектральный состав света) максимально приближался к спектру естественного света. Цвет освещения не должен искажать местных цветовых оттенков, а по возможности должен приближаться к естественному. Приятное восприятие освещения зависит от его цвета. Область такого восприятия можно выбрать на основе диаграммы Кройггофа. С увеличением интенсивности освещения должна повышаться цветовая температура источника света (он должен быть белее).

Если при белом свете (дневном освещении) и длительной работе человека принять его выработку за 100%, то при желтом свете она составит лишь 93%, при зеленом 92%, при голубом 78%, при красном и оранжевом 76%.

При расчете освещения люминесцентными лампами пультов управления и контрольных панелей необходимо учитывать изменение цвета предостерегающих сигналов и знаков безопасности. Освещение рабочей поверхности или рассматриваемого объекта разноцветными источниками света, например, источниками с нестабильной цветовой температурой, может вызвать неприятные ощущения, увеличить утомление и ухудшить зрительную ориентацию. Свет лампочки накаливания со своим цветом, не подходит в качестве дополнительного источника к недостаточному дневному освещению, для этой цели лучше использовать люминесцентную лампу белого оттенка.

у люминесцентного источника с большим числом трубок можно объединять лампы, дающие голубые, белые и даже розовые оттенки цвета, чем достигается большее совпадение с естественным освещением.

В помещениях, в которых необходимо различать цветовые оттенки (тек-

стильная, табачная промышленность, графические работы и т. д), требуется источник света с цветовой температурой 6500-7400 К при интенсивности более 1000 лк. В учреждениях, в которых необходимо различать, например, Образцы цвета, рекомендуется цветовая температура в 4000 К. Цветовой спектр света не должен искажать цвета и формы человеческого тела или предмета на рабочем месте.

Цветовая температура различных источников света (К)

естественные:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| очень глубокое голубое северное небо | 25000 |
| голубое небо с белыми облаками | 13000 |
| небо, равномерно закрытое облаками | 7000 |
| полуденное солнце | 5250 |
| восходящее солнце | 1850 |

искусственные:

| | | |
|---------------------------|--------------------|-------------|
| люминесцентная лампа типа | D (дневного света) | 6000-6500 |
| | Б (белого света) | 4200-4500 |
| | Р (розовую света) | 3000-3200 |
| лампа накаливания | | 2400 - 3100 |
| свеча | | 1880 |

Защита от ослепления, т. е. исключение такого положения, когда на глаз действует освещение, большее того, на которое он рассчитан. Ослепление нарушает зрительное восприятие, повышает утомление глаз, снижает остроту зрения и способность различения деталей, ухудшает видение, создает ощущение неудобства, напряжения и раздражения. Причиной этих ощущений является большая яркость, например непокрытого пятна света мощной лампы накаливания на темном фоне (абсолютное ослепление достигается при яркости выше 20 сб - человек слепнет), или неудобное расположение и сильный контраст света в поле зрения, например контраст светимости двух или более поверхностей (относительное

ослепление при отношении контрастов более 1:10 вызывает значительную зрительно неприятную обстановку, отношение более 1:100 - почти полное ослепление). Ослепление может быть прямым (например, светом лампы) или косвенным (например, светом, отраженным от стен или глянцевых плоскостей).

Отрицательное ослепляющее влияние света сказывается тем больше, чем ближе источник света к оси зрения (прямого видения), выше его интенсивность (мощнее источник) и больше контрастность источника с его окружением (фоном). Отрицательное ослепляющее влияние света зависит также и от того, находится ли источник в стороне, ниже или выше оси зрения.

Ослепляющее влияние прямого света можно предотвратить уменьшением его интенсивности, удобным размещением светильников в поле зрения человека, повышением яркости фона ослепляющего источника, применением перегородок (например, противослепящего стекла при сварке).

Единицей яркости источника света является 1 инт (ит),

1 стильб (сб) = 10^4 ннт (нт).

Воздействие яркости на зрение:

1000 нт-критическая яркость при очень темном фоне;

1500 нт-субъективное ощущение зрительного дискомфорта;

3000 нт-критическая яркость при искусственном освещении;

12 000 ит -верхняя допустимая граница;

200 000 нт абсолютное ослепление; относительное ослепление наблюдается в определенных условиях (например, свет карманного фонаря ослепляет ночью).

Постоянство освещения. Необходимо исключить изменения интенсивности освещения за счет колебаний напряжения сети, недостатков технического обслуживания, движения светильника, быстрых смен света и тени, быстрых перемещений световых точек или света, отраженного от поверхностей.

Эстетика освещения. Освещение рабочего пространства психологически положительно действует на человека, на его настроение. Необходимо использовать

цветовое освещение, соответствующее цвету освещаемых поверхностей (например, цвет голубой поверхности, освещенной голубоватым светом! становится более сочным, а освещенной розовым светом - блеклым). Освещением можно заострить внимание на важных объектах в пространстве или их форме. Светлые и темные поверхности должны быть зрительно более выразительными. Освещением можно подчеркнуть назначение пространства, дополнить его архитектурную композицию. Недостаточно освещенные пространства эстетически не внушительны. При наличии гладкой освещенной поверхности у человека также появляются ощущения страха и раздражения, он плохо различает контуры и объем предметов, у него появляются ощущения психологического и физиологического дискомфорта.

Источники света (особенно местного значения) должны иметь эстетический вид, удобно размещаться, световой поток должен иметь такое направление, чтобы по возможности полнее отвечать требованиям зрительной работы человека.

Кроме ранее указанных требований, необходимо обеспечить простоту текущего ремонта осветительного прибора, легкий, удобный доступ, экономичность освещения, безопасность осветительной установки.

За счет улучшения освещения можно достичь существенного увеличения производительности труда. Это увеличение тем больше, чем больше разница между улучшенным и начальным освещением и колеблется в пределах 5-20%. Например, если при работе, основанной на зрительном контроле, повысить величину освещенности в 25 лк на 60 лк, производительность труда увеличится на 4%, а при повышении освещенности на 200 лк - на 12%. При дальнейшем повышении интенсивности освещения производительность труда увеличивается гораздо медленнее. Чувствительность глаза к различению деталей возрастает с повышением уровня освещенности до 1000 лк. При освещении интенсивностью 600- 1000 лк повышаются быстрота различения и острота зрения, восприятие контраста, сосредоточенность во время работы, качество и безопасность работы и снижается нервное напряжение. Было отмечено, что женщины в большей степени реагируют на

изменение условий освещенности, у них при улучшении освещения увеличение производительности труда в 2 раза больше, чем у мужчин

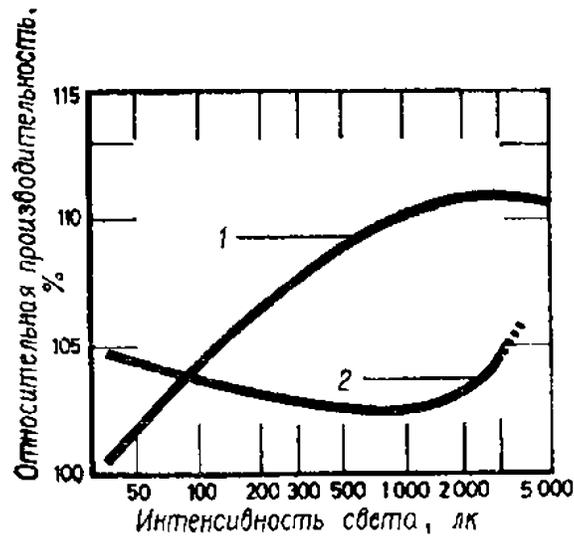


Рисунок 25 – Зависимость относительной производительности (1) и усталости (2) глаз от интенсивности освещения

На рабочих местах, где обычно требуется различать цветовые оттенки (например, материала на складе), требуется освещение интенсивностью 300-400 лк. При слабом освещении с помощью ламп накаливания фиолетовые и синие цвета, например, приобретают оттенки черного цвета, и их часто путают.

К источникам света относятся: газоразрядные лампы, лампы накаливания и другие.

В люминесцентной трубке свет возникает в результате электрического разряда в определенной, специально приготовленной среде.

Люминесцентная трубка ослепляет даже тогда, когда её яркость значительно меньше яркости лампы накаливания поэтому в поле зрения работающих не должно быть трубок без средств защиты от ослепления. Они должны закрываться решётками. При освещении просторных помещений ослепление уменьшается, если трубки размещаются по средней оси помещения.

Использование люминесцентных трубок в качестве источников непрямого

света, которые не отбрасывают теней, выгодно при различении плоских объектов (чтение, письмо, рисование) При объемном видении, требующем определенной затененности и или различения рельефа предмета (например рисок на линейке, качества поверхности и т. д.) Удобней использовать прямой свет светодиодной лампы.

Если необходимо различать цветовые оттенки, рекомендуют использовать трубки дневного голубоватого света большой интенсивности. Наиболее качественное различение цветов достигается при использовании теплого белого света трубки Deluxe. В помещениях, которые целый день должны освещаться искусственным светом, удобней использовать трубки голубоватого света.

При освещении люминесцентным источником света необходимо исключить неприятное колебание (мелькание) света возможность появления стробоскопического эффекта на колеблющихся предметах (при совпадении частоты, например, движения зубьев пилы и колебаний света трубки в определённый момент появляется ощущение остановки зубьев, которое может привести к серьезным травмам). Возможность появления такого явления у трубок можно устранить фазовым сдвигом тока, тогда колебания света соседних светильников будут происходить с разными фазами.

В помещениях высотой до 6 м необходимо отдать предпочтение люминесцентным трубкам. Они не годятся для помещений с температурой воздуха ниже 0 и выше 35 °С. В связи с недостатком желтого света эти трубки утомляют глаза при длительном слежении за показаниями приборов, считывании данных на линейках, визуальном контроле и освещении менее 500 лк.

Световая эффективность люминесцентной трубки в 4-6 раз выше, но сравнению с лампой накаливания (лампа накаливания 40 Вт/220 В обеспечивает световой поток в 325 лм, люминесцентная трубка с аналогичными параметрами - в 2000 лм).

Энергетический баланс лампы накаливания мощностью 40 Вт: 20% света и 80% тепла.

При выборе освещения рабочего пространства необходимо помнить о нали-

чий доступа к осветительным приборам и оконным проемам, что дает возможность поддержания их в хорошем состоянии. В чистых эксплуатационных помещениях рекомендуется мыть окна и световые фонари не реже двух раз в год.

Осветительные приборы, входящие в состав технического оборудования, также должны быть легко доступными для замены и содержания их в чистого.

При повседневном запылении светильника его световой поток уменьшается на 20%. В сильно запыленных помещений, например, кузнечный, доменный цеха) световой поток за очень короткое время уменьшается на 50%, поэтому в них мытье окон и чистка осветительных приборов должны производиться 2-4 раза в год. В конце срока службы лампы и люминесцентные трубки должны надлежащим образом заменяться, поскольку их светимость уменьшается при наличии большого потребления электроэнергии. Требования к оконным проемам:

высокие окна более выгодны, чем широкие (высота окон эффективнее ширины по пропускной способности света),

основание окна должно быть выше стола;

расстояние от рабочего места до окна не должно быть больше двух высот окна;

отношение площади окна к рабочей площади пола может составлять 1:5,

из окон должен быть хороший обзор.

Список литературы

1. ГОСТ Р 12.4.026–2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.
2. ГОСТ Р 54350–2011 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.
3. ГОСТ Р 55392–2012 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 54943–2012 Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений.
5. ГОСТ Р 54944–2012 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.
6. ГОСТ Р 54945–2012 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.
7. EN 12464-1:2011* Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Ч. 1. Рабочие места в помещениях (Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places).
8. EN 12464-2:2014* Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Ч. 2. Рабочие места вне зданий (Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places) 3 EN 12665:2011 Свет и освещение. Основные термины и критерии, устанавливающие требования к освещению (Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements).
9. EN 13201-3:2015 Освещение дорог. Ч. 3. Расчет нормируемых параметров (Road lighting - Part 3: Calculation of performance).
10. EN 13201-4:2015 Освещение дорог. Ч. 4. Методы измерения параметров освещения (Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance).

Определение числа точек в сетке для расчета и измерения освещенности

Число точек для расчета и измерения освещенности в зависимости от размеров сетки приведено в таблице А.1.

Таблица А.1

| Размер наибольшей стороны сетки, м | Максимальное расстояние между точками, м | Минимальное число точек |
|--|---|-------------------------|
| 0,4 | 0,15 | 3 |
| 0,6 | 0,2 | 3 |
| 1,0 | 0,2 | 5 |
| 2,0 | 0,3 | 6 |
| 5,0 | 0,6 | 8 |
| 10,0 | 1,0 | 10 |
| 25,0 | 2,0 | 12 |
| 50,0 | 3,0 | 17 |
| 100,0 | 5,0 | 20 |

Расположение контрольных точек при проведении измерений

Б.1 Расположение контрольных точек при измерениях минимальной освещенности



Рисунок Б.1 - Расположение контрольных точек при измерении минимальной освещенности помещения от светильников, принимаемых за точечные излучатели

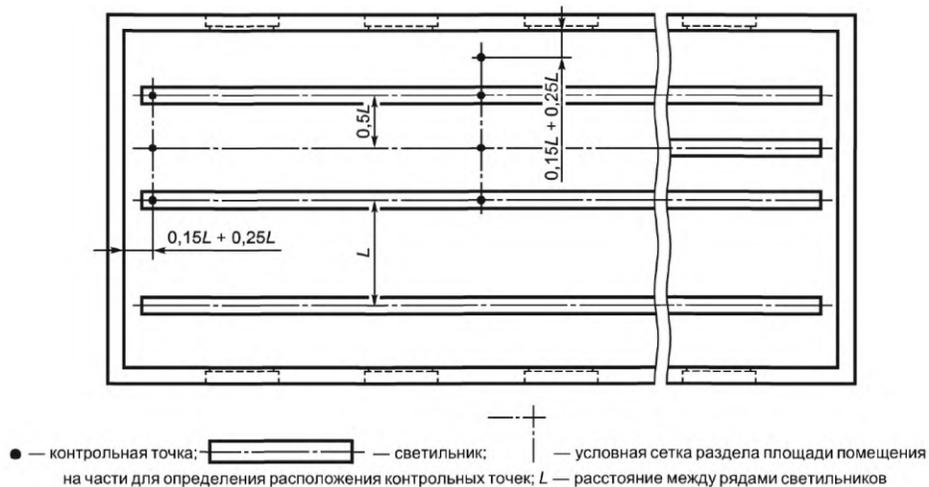


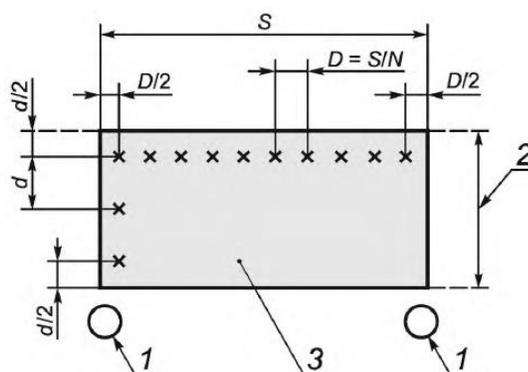
Рисунок Б.2 - Расположение контрольных точек при измерении минимальной освещенности помещения от светильников, принимаемых за линейные излучатели

Б.2 Расположение контрольных точек при измерениях средней освещенности помещения и рабочей зоны Типовые параметры сетки контрольных точек при измерениях средней освещенности в помещениях и рабочих зонах приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

| Длина помещения или рабочей зоны, м | Максимальное расстояние между контрольными точками, м | Минимальное число контрольных точек |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 0,40 | 0,15 | 3 |
| 0,60 | 0,20 | 3 |
| 1,00 | 0,20 | 5 |
| 2,00 | 0,30 | 6 |
| 5,00 | 0,60 | 8 |
| 10,00 | 1,00 | 10 |
| 25,00 | 2,00 | 12 |
| 50,00 | 3,00 | 17 |
| 100,00 | 5,00 | 20 |

Б.3 Расположение контрольных точек при измерениях средней освещенности улиц



1 — светильники; 2 — ширина дороги или контрольного участка W_p ; 3 — контрольный участок;
 x — контрольные точки измерения освещенности

Рисунок Б.3 - Расположение контрольных точек на участке при измерении средней освещенности улиц

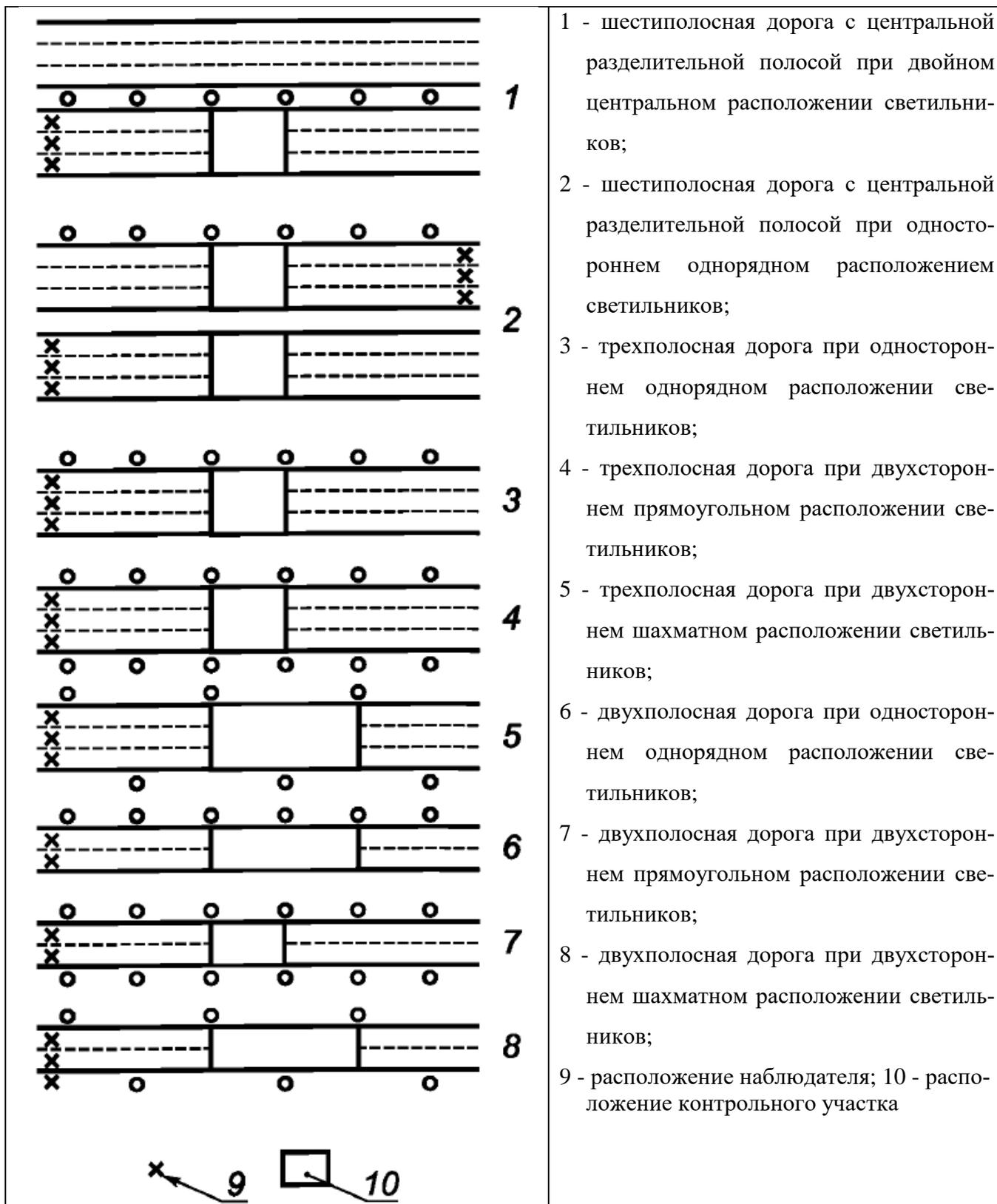


Рисунок Б.4 - Расположение контрольного участка при измерении средней освещенности улиц

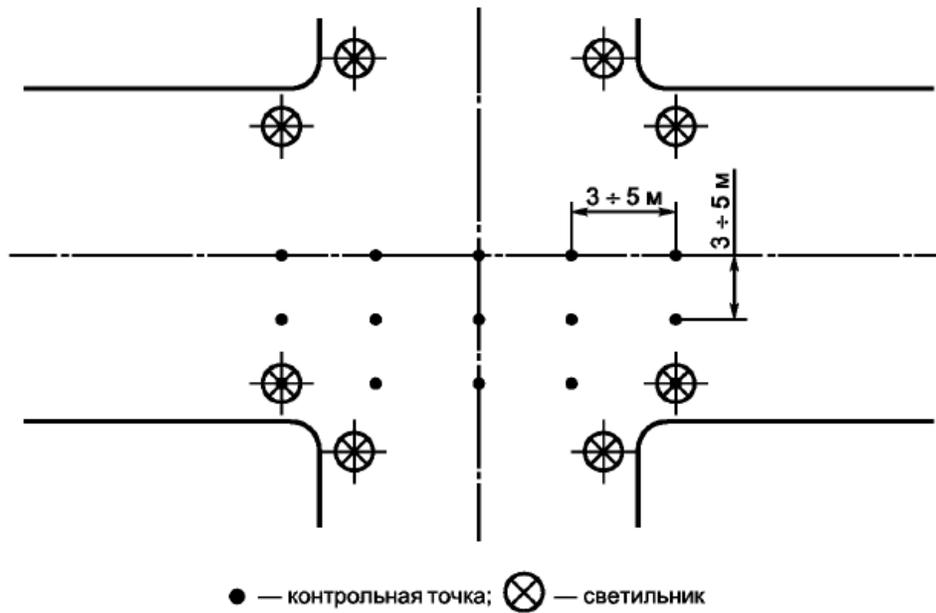


Рисунок Б.5 - Расположение контрольных точек при измерении средней освещенности улиц на перекрестке

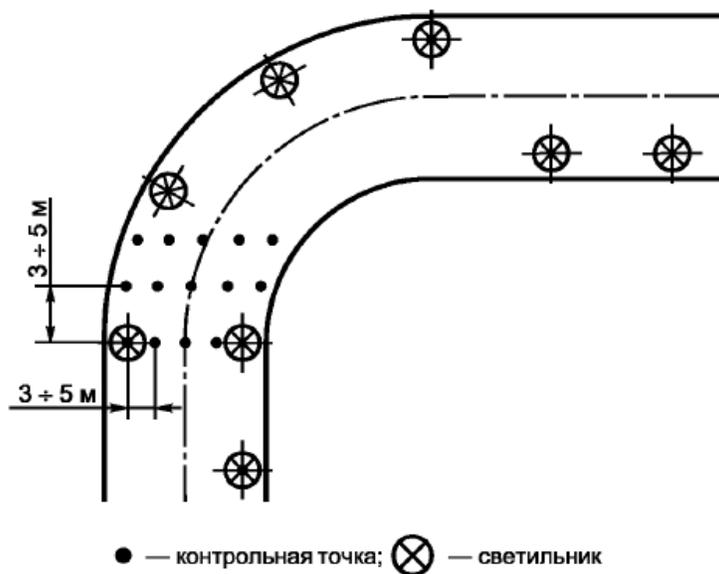
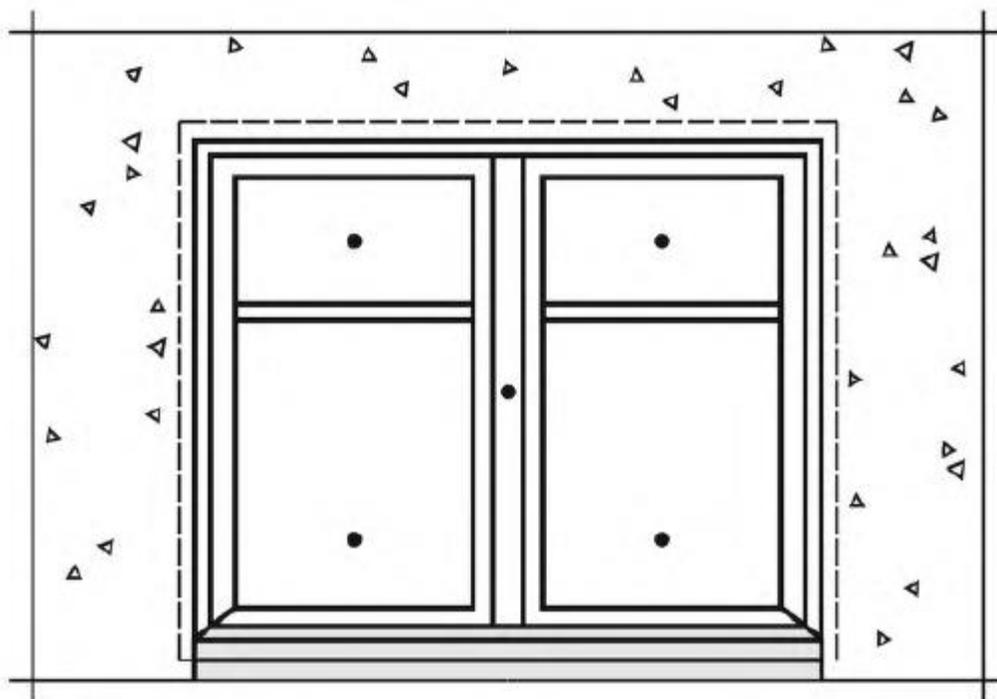


Рисунок Б.6 - Расположение контрольных точек при измерении средней освещенности улиц в местах закругления



● – контрольная точка

Рисунок Б.7 - Расположение контрольных точек на внешней поверхности окна при измерении вертикальной освещенности (засветки окон)

Протоколы измерений

Протокол измерений освещенности в производственных, общественных и жилых помещениях

Наименование (номер) помещения _____

Геометрические параметры помещения _____

Индекс помещения _____

Дата проведения измерений _____

Наименование и номер прибора для измерений _____

Номер и дата свидетельства о поверке _____

Напряжение сети: $U_1 =$ _____, $U_2 =$ _____
 (в начале измерений) (в конце измерений)

Наименование действующего нормативного документа _____

Состояние осветительной установки _____

| Номера контрольных точек | Место измерений, наименование рабочей поверхности | Плоскость измерений (горизонтальная, вертикальная, наклонная) — высота от пола, м | Освещенность, лк | | | | | | | | | Заключение о степени соответствия освещенности на рабочем месте действующим нормам | |
|--------------------------|---|---|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--|--|
| | | | Измеренная | | | Фактическая | | | Нормируемая | | | | |
| | | | Комбинированное освещение | | Общее освещение | Комбинированное освещение | | Общее освещение | Комбинированное освещение | | Общее освещение | | |
| | | | Общее | Общее и местное | | Общее | Общее и местное | | Общее | Общее и местное | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Заключение по обследованию осветительной установки _____

Протокол измерений цилиндрической освещенности в помещениях общественных зданий

Наименование (номер) помещения _____

Геометрические параметры помещения _____

Индекс помещения _____

Дата проведения измерений _____

Название и номер прибора для измерений _____

Номер и дата свидетельства о поверке _____

Напряжение сети: $U_1 =$ _____ (в начале измерений), $U_2 =$ _____ (в конце измерений)

Наименование действующего нормативного документа _____

Состояние осветительной установки _____

| Номера контрольных точек | Цилиндрическая освещенность, лк | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------------------|---------------------|---------------------|
| | Измеренная | | | | Средняя $E_{ср}$ | Фактическая $E_{ф}$ | Нормируемая $E_{н}$ |
| | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

Заключение по обследованию осветительной установки _____

Протокол измерений освещенности в установках наружного освещения

Наименование освещаемого пространства _____

Адрес обследуемого объекта _____

Категория улицы по СП 52.1330 _____

Дата проведения измерений _____

Название и номер прибора для измерений _____

Номер и дата свидетельства о поверке _____

Напряжение сети: $U_1 =$ _____ (в начале измерений), $U_2 =$ _____ (в конце измерений)

Наименование действующего нормативного документа _____

Состояние осветительной установки _____

| Номера контрольных точек | Освещенность, лк | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|----------|------------------|---------------------|---------------------|
| | Измеренная | | | | Средняя $E_{ср}$ | Фактическая $E_{ф}$ | Нормируемая $E_{н}$ |
| | E_1 | E_2 | | E_{15} | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | | | | | | | |

Заключение по обследованию осветительной установки _____

Протокол измерений коэффициентов естественной освещенности

Адрес обследуемого объекта _____

Дата измерений _____ Время измерений _____

Наименование действующего нормативного документа _____

Наименование и номер прибора для измерений _____

Номер и дата свидетельства о поверке _____

1 Характеристика помещения:

- этаж (высота над уровнем земли) _____

- расположение светопроемов (ссылка на прилагаемый план, разрез помещения), ориентация _____

2 Характеристики светопроемов:

- светопрозрачное заполнение, его состояние _____

- наличие и наименование солнцезащитных устройств _____

3 Отделка поверхностей помещения _____

4 Наличие в помещении оборудования, мебели _____

5 Наличие озеленения, противостоящих зданий _____

6 План участка с указанием этажности противостоящих зданий _____

Результаты измерений КЕО

| Номера точек в помещении | Время измерения | $E_{вн}$ (внутри помещения), лк | $E_{нар}$ (вне помещения), лк | Значение e , % | |
|--------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | | | для каждого измерения | среднее для каждой точки |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | |

Заключение о естественном освещении помещения _____

Протокол измерений вертикальной освещенности на окнах зданий

Наименование освещаемого объекта _____

Адрес обследуемого объекта _____

Характеристика установки _____

Наименование и номер прибора для измерений _____

Номер и дата свидетельства о поверке _____

Дата проведения измерений _____

Время проведения измерений _____

Напряжение сети: $U_1 =$ _____, $U_2 =$ _____
(в начале измерений) (в конце измерений)

Наименование действующего нормативного документа _____

| Номера контрольных точек | Вертикальная освещенность в точках измерения E_v , лк | | | | | Средняя вертикальная освещенность $E_{v, ср}$, лк |
|--------------------------|---|---|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |

Заключение по обследованию осветительной установки _____

Учебное издание

Панова Татьяна Васильевна
Панов Максим Владимирович
Симбирцева Марина Евгеньевна

***НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ
ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ***

Учебное пособие
для бакалавров, всех направлений подготовки

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 23.05.2023 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,67. Тираж 25 экз. Изд. № 7532.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ