

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Цель работы: ознакомиться с общими характеристиками естественного и искусственного освещения, нормируемыми показателями освещения, приборами, используемыми для оценки освещенности; научиться измерять освещенность рабочих мест, оценивать пригодность помещения для выполнения работ заданной точности.

Приборы и оборудование: люксметр-пульсметр ТКА-ПКМ (08).

1. Общие положения

1.1. Влияние света на здоровье человека и его работоспособность

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

Одним из важнейших элементов, благоприятных для условий труда, является рациональное освещение помещений и рабочих мест.

Правильно спроектированное и выполненное освещение производственного помещения улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

Лучистая энергия солнца оказывает непосредственное влияние и на организм человека. Воспринимаемые глазом видимые солнечные лучи влияют на состояние центральной нервной системы, повышая активность больших полушарий. Свет улучшает общее состояние человека, повышает жизненный тонус. Действуя рефлекторно через нервные окончания в коже (рецепторы), свет оказывает воздействие на осуществление фотохимических процессов в организме, ритм жизненного тонуса, функцию сердечно-сосудистой системы и т. д.

Свет является активным регулятором основных биологических процессов. Он постоянно влияет на такие жизненно важные функции, как обмен веществ, рост и развитие организма, повышает иммунитет человека. Рациональное освещение производственных и вспомогательных помещений, проходов и проездов имеет большое значение для нормальной и безопасной работы промышленного предприятия. Для безопасности работы нужно не только достаточное освещение рабочих поверхностей, но и рациональное направление света, отсутствие резких теней и бликов, обычно вызывающих слепящее действие и снижающих работоспособность.

Недостаточное освещение само по себе не вызывает несчастных случаев, но может способствовать их возникновению. Например, недостаточное или неправильное освещение вынуждает рабочего ближе наклоняться к обрабатываем-

тому предмету, что увеличивает опасность повреждения лица и глаз. Недостаточная освещенность, резкие тени, наличие в поле зрения рабочего источника света большой яркости мешают различать движущиеся части станков, агрегатов и способствуют возникновению травматизма.

В пожароопасных и взрывоопасных помещениях, помимо рационального освещения, требуется еще герметическая или взрывобезопасная арматура осветительных приборов.

Для успешного и безопасного выполнения производственного процесса зрение человека должно все время сохранять так называемые контрастную чувствительность и остроту различения. Различение мелких деталей, рисок и т. п. (т. е. объектов различения) возможно лишь при определенном контрасте деталей и фона, на котором они рассматриваются. Способность глаза различать наименьшие контрасты называется **контрастной чувствительностью**. Исследованиями установлено, что контрастная чувствительность возрастает с увеличением освещенности рабочей поверхности. Способность глаза наблюдать объекты различения называется **остротой различения**. Она зависит от контраста детали и фона, освещенности поля зрения и других факторов. С увеличением освещенности острота различения возрастает.

Приспособляемость глаз к различной яркости ограничена определенными пределами. Если в поле зрения находятся яркости, значительно превышающие норму, то функции зрения существенно снижаются, происходит ослепление. Различают два вида слепящей яркости, или блескости: *прямую*, исходящую непосредственно от источника света (голая лампа), и *косвенную*, которую можно наблюдать на освещаемых поверхностях. Второй вид блескости часто встречается в условиях производства (при обработке металлов, на полированных и лакированных поверхностях и т. п.).

Ослепление сопровождается раздражением и резью глаз, головной болью и серьезным расстройством зрения. Работа при недостаточном освещении или переменной яркости требует сильного напряжения зрения, что приводит к частой переедаптации глаз и быстрому их переутомлению.

Способность зрения приспособляться к различной степени освещенности объясняется двумя свойствами зрения: аккомодацией и адаптацией. **Аккомодация** заключается в приспособляемости глаз различать предметы, находящиеся на разных расстояниях, что достигается изменением кривизны хрусталика глаза. Способность глаз приспособляться к различной яркости света называется **адаптацией**. Частая переедаптация глаз снижает производительность труда и способствует увеличению травматизма. Адаптация устраняется, если в производственном помещении создается равномерное освещение.

Так как пределы приспособляемости глаз не безграничны, частая приспособляемость утомляет глаза, неизбежно отражается на скорости и качестве выполняемой работы и может быть косвенной причиной травматизма.

1.2. Количественные и качественные показатели освещения

Освещение может создаваться как лучистой энергией, исходящей от тел,

так и при помощи люминесценции.

Электромагнитное излучение с длиной волны в пределах $\lambda = 380\text{--}770\text{ нм}$, воздействуя на глаза человека, вызывает ощущение света. Эта часть спектра называется **областью видимых излучений**, а соответствующая ей часть лучистой энергии – **световой энергией**. Следует подчеркнуть, что световая энергия определяется именно вызываемым ею зрительным ощущением.

Каждому излучению с определенной длиной волны соответствует определенный цвет. Как показали исследования, при одинаковой интенсивности различных монохроматических излучений наибольшее зрительное восприятие создают желто-зеленые лучи с длиной волны 555 нм. Если принять за единицу чувствительность глаз к лучам с длиной волны 555 нм, то зависимость зрительного восприятия от волн разной длины можно представить кривой, приведенной на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Зависимость зрительного восприятия от длины волны

Излучение с длиной волны 10–380 нм является **ультрафиолетовым**, а с длиной волны 770–340 000 нм – **инфракрасным**.

Для гигиенической оценки освещенности используются светотехнические качественные и количественные показатели.

К **количественным показателям** относятся световой поток, освещенность, коэффициент отражения, сила света и яркость. К **качественным показателям** следует отнести фон, видимость, контраст.

Видимая лучистая энергия оценивается по световому ощущению и называется **световым потоком**, который измеряется в люменах (лм).

Световой поток F – мощность лучистой энергии, оцениваемая световым ощущением человеческого глаза. Световой поток определяется как величина не

только физическая, но и физиологическая, так как измерение ее основано на зрительном восприятии. Точное значение светового потока в лм определяется по эталонным электрическим лампам накаливания, выверенным в соответствии с международным соглашением. Таким образом, единица светового потока – *люмен* – принята совершенно условно. Между условной единицей светового потока – люменом и энергетической – ваттом имеется следующее соотношение: $1 \text{ лм} = 0,00161 \text{ Вт}$. Все источники света, в том числе осветительные приборы, излучают световой поток в пространство неравномерно. Распределение светового потока в пространстве учитывают, пользуясь понятием пространственной плотности светового потока или силы света.

Сила света (I) – это величина пространственной плотности светового потока, которая определяется как отношение светового потока dF , исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла $d\omega$, к величине этого угла:

$$I = \frac{dF}{d\omega}. \quad (2.1)$$

За единицу силы света принята *кандела* (кд). Сила света в одну канделу обеспечивается световым потоком в один люмен, заключенным в единичном угле в один стерadian.

Об освещении помещения можно до некоторой степени судить по величине **освещенности** E , которая определяется поверхностной плотностью светового потока или отношением светового потока dF , подающего на поверхность, к величине этой поверхности dS , т. е.

$$E = \frac{dF}{dS}. \quad (2.2)$$

За единицу освещенности принят *люкс* (лк). Люкс – это освещенность поверхности площадью 1 м^2 при световом потоке падающего на него излучения, равном 1 лм.

Освещенность в разных точках рабочего места различна, поэтому отношение F / S принимают за среднюю освещенность.

Условия видимости определяются отношением силы света, излучаемого светящейся поверхностью в направлении зрения, к величине видимой части этой светящейся поверхности. Это отношение называется *яркостью* и измеряется в канделах на метр квадратный (кд/м²).

За **яркость** L светящейся поверхности в каком-либо направлении принимается отношение силы света, испускаемого поверхностью в заданном направлении I , к проекции светящейся поверхности $S \cdot \cos\alpha$ на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению, т. е.

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha}, \quad (2.3)$$

где α – угол, образованный направлением светового потока с нормалью к площадке светящейся поверхности.

За величину яркости принят *нит* (нт), который имеет размерность 1 кд/м². Яркость поверхности зависит от силы света, угла падения светового потока на плоскость, цвета поверхности и т. д.

Различные предметы видимы потому, что световой поток, отраженный ими, частично воспринимается глазом. Отношение отраженного светового потока $F_{отр}$ к падающему световому потоку $F_{пад}$ называется **коэффициентом отражения** Q :

$$Q = \frac{F_{отр}}{F_{пад}}. \quad (2.4)$$

Величина Q в зависимости от цвета поверхности колеблется в пределах 0,02–0,85.

Объект различения – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части, который необходимо различать в процессе работы. В зависимости от наименьшего размера объекта различения зрительные работы подразделяются на разряды.

Контраст объекта различения с фоном K характеризуется как процентное отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта различения L_o и фона L_ϕ к яркости фона L_ϕ :

$$K = \frac{L_o - L_\phi}{L_\phi}. \quad (2.5)$$

Контраст оценивается как малый, если K до 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости); средний – $K = 0,2–0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и большой – K свыше 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости).

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым при коэффициенте отражения поверхности Q более 0,4; средним – при $Q = 0,2–0,4$; темным – Q менее 0,2.

В зависимости от характеристики фона и контраста объекта различения с фоном зрительные работы подразделяются на подразряды.

Видимость V – универсальная характеристика качества освещения, которая характеризует способность глаза воспринимать объект. Зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = \frac{K}{K_{пор}}, \quad (2.6)$$

где K – контраст объекта с фоном; $K_{пор}$ – пороговый контраст, т. е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Установки искусственного освещения имеют такие дополнительные характеристики, как степень слепящего действия источника света, пульсация, спектр света.

Показатель ослепленности P – критерий оценки слепящего действия осветительной установки:

$$P = (S - 1) 1000, \quad (2.7)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению видимости объекта соответственно при экранировании и при наличии источников, создающих блескость в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности $K_{\text{п}}$ – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током:

$$K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{ср}}} 100, \quad (2.8)$$

где E_{max} и E_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Следует иметь в виду, что на глаз совместно действуют качественные и количественные характеристики света, обеспечивающие определенную степень работоспособности человека.

1.3. Виды производственного освещения

Согласно СН 2.04.03-2020 «Естественное и искусственное освещение» (утверждены постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30 октября 2020 г. № 70) и Гигиеническому нормативу «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий» (утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37) в зависимости от источника света производственное освещение может быть: *естественным, искусственным и совмещенным*.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Отсутствие естественного освещения в помещении – состояние естественного освещения помещения, при котором КЕО в точке нормирования менее 0,1 процента. Типы естественного освещения – *боковое, верхнее и комбинированное*. На рис. 2.2 представлены виды естественного освещения.

Боковое естественное освещение – естественное освещение помещения через окна (световые проемы в наружных стенах), расположенные в одной из наружных стен помещения (*одностороннее боковое естественное освещение*) или в двух противоположных наружных стенах помещения (*двустороннее боковое естественное освещение*).

Верхнее естественное освещение – естественное освещение помещения через световые фонари (световые проемы в покрытии здания), окна (световые проемы в стенах) в местах перепада высот здания.

Комбинированное естественное освещение – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены в действующих ТНПА, в т. ч. помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений.

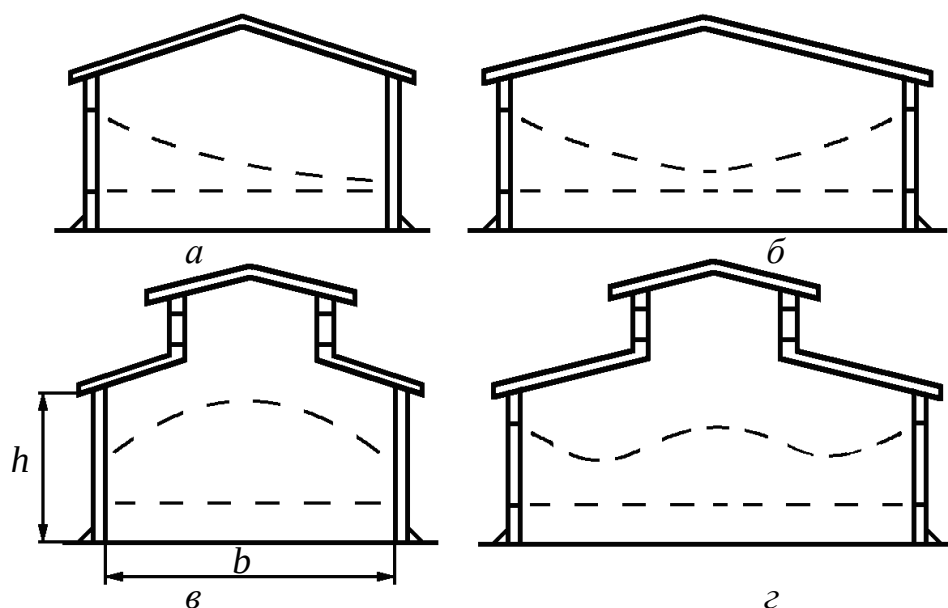


Рис. 2.2. Схема расположения световых проемов и освещенности помещений:

а – боковое одностороннее освещение (при $b < 12$ м);

б – боковое двухстороннее (при $b > 12$ м);

в – верхнее (при $b > 5h$); *г* – комбинированное

Искусственное освещение – освещение, создаваемое искусственными источниками света;

Искусственный источник света – преобразователь электрической энергии в электромагнитное излучение оптической области спектра (лампы накаливания, разрядные, светодиодные и другие источники света);

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение – освещение, обеспечивающее нормируемые показатели световой среды на рабочих местах, рабочих поверхностях в помещениях и в местах производства работ. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности (резервное освещение) – та часть аварийного

освещения, которая позволяет продолжать работу при аварийном отключении рабочего освещения. Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, травму или гибель; длительное нарушение технологического процесса; нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т. п. Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк – для территорий предприятий. При этом создавать наименьшую освещенность внутри зданий более 30 лк при разрядных лампах и более 10 лк – при лампах накаливания допускается только при наличии соответствующих обоснований (например, для безопасного продолжения работ).

Эвакуационное освещение – та часть аварийного освещения, которая обеспечивает освещение путей эвакуации, подсветку мест размещения несветовых указателей и функционирование световых указателей направления эвакуации при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк. Неравномерность эвакуационного освещения (отношение максимальной освещенности к минимальной) по оси эвакуационных проходов должна быть не более 40:1.

Дежурное освещение – энергосберегающее освещение, используемое в нерабочее время. Область применения, величина освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются

Охранное освещение – освещение, предусматриваемое вдоль границ охраняемой территории при отсутствии специальных технических средств охраны. Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Освещенность должна быть не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы. При использовании для охраны специальных технических средств освещенность следует принимать по заданию на проектирование охранного освещения.

Искусственное освещение по месту расположения светильников используется двух систем: *общее* и *комбинированное*. **Общее** – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (*общее равномерное освещение*) или применительно к расположению оборудования (*общее локализованное освещение*). Система **комбинированного освещения** включает *общее* и *местное* освещение.

Местное освещение – дополнительное к общему освещению, создаваемое светильниками, расположенными на высоте до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находится рабочее место, и концентрирующими световой поток преимущественно на рабочей поверхности.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормативным значениям освещенности естественное освещение дополняется искусственным в течение рабочего дня для обеспечения нормативных значений освещенности рабочей поверхности.

1.4. Нормирование освещения и предъявляемые к нему требования

Освещение естественным светом открытой поверхности земли создается прямым солнечным светом и диффузным (рассеянным) светом небесного излучения. Интенсивность солнечного светового излучения, или солнечная радиация, зависит от степени высоты стояния солнца над горизонтом в течение года и ежедневно; наличия или отсутствия на небе облачности; степени загрязненности атмосферы пылью, копотью, дымом; прямого или рассеянного действия света. Непостоянство естественного света даже в течение короткого промежутка времени вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – КЕО.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО, %) – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба $E_{вн}$ (непосредственным и после отражений от внутренних поверхностей помещения), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{нар}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода:

$$КЕО (e_n) = (E_{вн} / E_{нар}) \cdot 100. \quad (2.9)$$

Требования к освещению помещений производственных зданий и сооружений указаны в табл. 2.1.

Для определения КЕО по табл. 2.1 необходимо установить *разряд и подразряд выполняемой зрительной работы*.

В соответствии с СН 2.04.03-2020 все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на *восемь разрядов*. Разряд I – работы наивысшей точности с размером объекта различения менее 0,15 мм; разряд VIII – общее наблюдение за ходом технологического процесса без ограничения размера объекта различения (см. табл. 2.1). Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (мм). В зависимости от характеристики фона и контраста объекта различения с фоном зрительные работы подразделяются на подразряды (*а, б, в, г*).

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

Таблица 2.1

**Нормативные значения показателей естественного, искусственного и совмещенного освещения
помещений производственных зданий и сооружений (СН 2.04.03-2020)**

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещенное освещение		
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых значений	КЕО, e_n , %				
						при комбинированном освещении		при общем освещении		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	
						всего	в том числе от общего							показателя ослепленности P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	До 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0
						4500	500	–	10	10				
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10				
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10				
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10				
				Средний	Средний									
				Большой	Темный	2000	200	600	10	10				
			г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10				
				Большой	Светлый									
				Большой	Средний	1250	200	300	10	10				

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30 включ.	II	а	Малый	Темный	4000	400	–	20	10	–	–	4,2	1,5		
						3500	400	–	10	10						
			б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10						
						Средний	Темный	2500	300	600					10	10
			в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10						
															Средний	Средний
															Большой	Темный
			г	Средний	Светлый	1000	200	300	20	10						
															Большой	Светлый
															Большой	Средний
Высокой точности	Св. 0,30 до 0,50 включ.	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15	–	–	3,0	1,2		
						1500	200	400	20	15						
			б	Малый	Средний	1000	200	300	40	15						
						Средний	Темный	750	200	200					20	15
			в	Малый	Светлый	750	200	300	40	15						
															Средний	Средний
															Большой	Темный
			г	Средний	Светлый	400	200	200	40	15						
															Большой	Светлый
															Большой	Средний
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0 включ.	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9		
				б	Малый	Средний	500	200	200	40					20	
			Средний		Темный											
			в	Малый	Светлый	400	200	200	40	20						
															Средний	Средний
															Большой	Темный
			г	Средний	Светлый	–	–	200	40	20						
															Большой	Светлый
															Большой	Средний

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Малой точности	Св. 1,0 до 5,0 включ.	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6	
			б	Малый	Средний	—	—	200	40	20					
				Средний	Темный										
			в	Малый	Светлый	—	—	200	40	20					
				Средний	Средний										
				Большой	Темный										
			г	Средний	Светлый	—	—	200	40	20					
				Большой	Светлый										
Большой	Средний														
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI	—	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	—	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное	—	VIII	а	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении						б	—	—	75	—	—	1	0,3	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении						в	—	—	50	—	—	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями	г					—	—	20	—	—	0,3	0,1	0,2	0,1	

Примечания

1. Для зрительной работы Ia–IIIв подразряда допускается принимать один из наборов нормативных показателей, приведенных для данного подразряда в графах 7–11.
2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении данного расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать в соответствии с приложением Г к СН 2.04.03-2020. Для протяженных объектов различения эквивалентный размер выбирают согласно приложению Д к СН 2.04.03-2020.
3. Освещенность при использовании ламп накаливания следует понижать по шкале освещенности:
 - на одну ступень — при системе комбинированного освещения, если нормативная освещенность составляет 750 лк и более;
 - на одну ступень — при системе общего освещения для зрительной работы I–V, VII разряда;
 - на две ступени — при системе общего освещения для зрительной работы VI и VIII разряда.
4. Освещенность при работах со светящимися объектами с размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».
5. Показатель ослепленности в графе 10 регламентируется только для общего освещения (при любой системе освещения).
6. Коэффициент пульсации $K_{\text{п}}$ в графе 11 указан для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения. $K_{\text{п}}$ от общего освещения в системе комбинированного освещения не должен превышать 20%.
7. Систему общего освещения для зрительной работы I–III, IVа, IVб, IVв, Va разряда допускается предусматривать только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения.
8. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормативное значение КЕО повышается на один разряд по графе 3 и должно быть не менее 1%.

Для производственных помещений глубиной до 6 м при одностороннем боковом освещении *минимальное значение КЕО* нормируется для точки, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены или линии заглубления зоны, наиболее удаленной от световых проемов.

Характерный разрез помещения – поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или 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.

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

В крупногабаритных производственных помещениях глубиной более 6 м при боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке на условной рабочей поверхности, удаленной от световых проемов:

- на 1,5 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ I–IV разрядов;
- на 2 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ V–VII разрядов;
- на 3 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ VIII разряда.

При двустороннем боковом освещении помещений любого назначения от симметрично расположенных световых проемов нормативное значение КЕО должно быть обеспечено в центре помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза и рабочей поверхности.

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения *нормируется среднее значение КЕО* в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или плоскости пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

При комбинированном естественном освещении допускается деление помещения на зоны с боковым естественным освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам со световыми проемами) и зоны с верхним естественным освещением. Естественное освещение должно соответствовать допустимым значениям в каждой зоне.

Неравномерность естественного освещения производственных зданий с верхним или комбинированным освещением не должна превышать 3:1. Расчетное значение КЕО при верхнем и комбинированном естественном освещении в любой точке на линии пересечения рабочей поверхности и плоскости характерного вертикального разреза должно быть не менее нормативного значения КЕО при боковом освещении для работ соответствующих разрядов. Неравномерность естественного освещения не нормируется для помещений с боковым освещением, для производственных помещений, в которых выполняются зри-

тельные работы VII и VIII разряда.

При искусственном освещении рабочих мест *нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности* в зависимости от разряда и подразряда выполняемой работы. Нормативные значения минимальной освещенности приведены в табл. 2.1.

Для освещения производственных помещений следует использовать наиболее экономичные светодиодные светильники и светильники с газоразрядными лампами. Для местного освещения, кроме светодиодных и разрядных источников света, следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

Нормы освещенности по табл. 2.1 следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- при зрительных работах I–IV разряда, если они выполняются более половины рабочего дня;
- при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (например, работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т. п.);
- при специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;
- при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения – 300 лк и менее;
- при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;
- при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью 500 об/мин или более, или объектов, движущихся со скоростью 1,5 м/мин или более;
- при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;
- в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

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

Нормативные значения яркости поверхности, кд/м², отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 3; 5; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 30; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 400; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 2500.

В помещениях, где выполняются зрительные работы IV–VI разряда, нормы освещенности следует понижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

Совмещенное освещение помещений производственных зданий следует предусматривать:

– для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I–III разрядов;

– для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормативное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п.), а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами;

– в соответствии с ТНПА по проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности.

Нормативные значения КЕО для совмещенного освещения представлены в табл. 2.1.

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание люксметра-пульсметра ТКА-ПКМ (08)

Люксметр-пульсметр ТКА-ПКМ (08) предназначен для измерения следующих параметров:

- освещенности (E , лк) в видимой области спектра;
- коэффициента пульсации освещённости (K_p , %).

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: измерительной головки (ИГ) и блока обработки информации (БОИ), связанных между собой гибким многожильным кабелем (Рис. 2.1).

Батарейный отсек расположен на обратной стороне БОИ. Сбоку корпуса БОИ расположен разъем для связи с ПК.

На лицевой стороне БОИ расположены следующие органы управления и индикации:

- жидкокристаллический индикатор;
- кнопка питания ВКЛ./ВЫКЛ.;
- кнопка управления HOLD;
- кнопка подсветки индикатора ПОДСВЕТКА.

Принцип работы прибора заключается в преобразование фотоприемным устройством излучения ИГ в электрический сигнал с последующей обработкой его микроконвертором и цифровой индикацией числовых значений коэффициента пульсаций в % и освещенности в лк.

В ходе измерения в правом поле первой строки загорается символ – «батарея», информирующий о ёмкости батареи питания.

Измерения проводятся следующим образом. Включение производится путем нажатия на кнопку «Вкл/Выкл» при этом на индикаторе прибора высвечивается «ТКА-ПКМ (08)», а затем возникает надпись «Затемните фотозащитный экран и нажмите HOLD». Для калибровки прибора следует полностью затемнить фотозащитный экран путем накрытия его непрозрачным предметом (тетрадь, рукой и

пр.) и нажать клавишу «HOLD». *Засветка измерительной части во время обнуления приводит к неправильным измерениям.*



Рис. 2.3. Общий вид люксметра-пульсметра ТКА-ПКМ (08):
1 – блок обработки информации (БОИ); 2 – измерительной головки (ИГ).

После пропадания предупреждающей надписи прибор переходит в основной режим измерений. В первой строке « $E =$ » выводится текущая освещенность в лк, во второй строке « $K_p =$ » – коэффициент пульсации освещенности в %.

Для измерения освещенности и коэффициента пульсации освещенности расположите измерительную головку параллельно плоскости измеряемого объекта. Проследите за тем, чтобы на окно фотоприемника не падала тень от оператора, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов.

Внимание! Во избежание повреждения соединительного кабеля, во время измерения измерительную головку следует удерживать за его корпус (не затемняя измерительную поверхность), а не за соединительный кабель.

Подождите 2–3 секунды и считайте с цифрового индикатора измеренное значение.

При увеличении сигнала, создаваемого источником светового потока, в

строке E происходит автоматический переход численного значения освещённости в клк. При выходе за пределы измерений освещенности появиться надпись: «ОСВЕЩЕНИЕ ИЗБЫТОЧНО».

Для удобства снятия показаний в условиях низкой освещенности предусмотрена временная подсветка экрана прибора. Для этого стоит нажать на клавишу «Подсветка». Так же с при помощи клавиши «HOLD» можно зафиксировать на экране текущие значения освещенности и коэффициента пульсации.

Прибор выключается кнопкой ВКЛ./ВЫКЛ.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Измерение естественного освещения

1. Дать характеристику естественного освещения помещения: боковое одностороннее; боковое двухстороннее; верхнее; комбинированное.

2. Произвести измерение освещенности внутри помещения ($E_{вн}$) на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5 м от наружной стены здания (расстояние отмечено на полу около доски). Измерение производится на уровне горизонтальной рабочей поверхности на высоте 0,8 м от пола. При этом фотоэлемент ИГ удерживается горизонтально, направляя измерительную поверхность вверх. Проследите за тем, чтобы на ИГ не падала тень от Вас, а также тень от рядом расположенных предметов.

Одновременно необходимо произвести измерение освещенности вне помещения ($E_{нар}$) в точке под открытым небосводом (ИГ выставляем в окно). Полученные данные записать в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результаты измерения естественного освещения

Показатели	Расстояние от поверхности наружной стены L , м				
	1	2	3	4	5
Освещенность $E_{вн}$, лк					
Освещенность вне помещения $E_{нар}$, лк					

3. Построить кривую светораспределения в помещении (рис. 2.4).

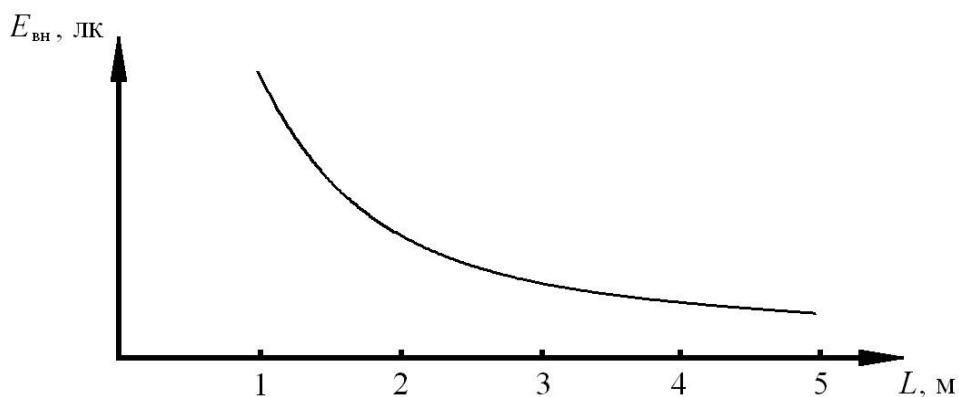


Рис. 2.4. Кривая светораспределения в помещении.

4. Определить значение КЕО, %, для точки, расположенной в 5 м от окна, по формуле (2.9).

5. Определить разряд и подразряд зрительной работы.

Например, при чтении или написании текста наименьшим объектом различения является точка, размер которой колеблется в пределах от 0,5 до 1,0 мм. Смотрим в табл. 2.1 столбец 2, такие размеры соответствуют разряду зрительной работы – IV (столбец 3). При этом используется белая бумага, значит фон светлый. Так как применяем темные чернила или черную типографскую краску, то контраст объекта (точки) с фоном – большой. В табл. 2.1 для IV разряда зрительной работы в столбцах 5 и 6 ищем слова «большой» и «светлый» на одном уровне по горизонтали. По столбцу 4 определяем подразряд зрительной работы – г. Значит разряд и подразряд зрительной работы – IVг, т. е. работы средней точности.

6. На основании полученных данных и используя табл. 2.1, дать оценку помещения с точки зрения пригодности его для выполнения работ определенной точности. Указать необходимость использования совмещенного освещения.

2.2.2. Измерение совмещенного освещения

1. **Пункт 2.2.2 выполняется, если при выполнении пункта 2.2.1 установлена необходимость устройства совмещенного освещения для выполнения работ заданного разряда.**

2. Используя данные табл. 2.1, найти для заданного разряда зрительной работы нормативное значение КЕО при совмещенном освещении рабочих мест и сопоставить его с фактическим, полученным при оценке естественного освещения в пункте 2.2.1. Если фактическое значение КЕО меньше нормативного при совмещенном освещении, делается вывод о непригодности помещения для выполнения работ заданного разряда точности. Если фактическое значение КЕО больше нормативного при совмещенном освещении, выполнить подпункты 3–5. Полученные данные занести в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты измерения совмещенного освещения

Фактический КЕО, %	Нормативный КЕО при совмещенном освещении, %	Вывод о возможности устройства совмещенного освещения (возможно, невозможно)	Фактическая освещенность при совмещенном освещении (в точке с наименьшей естественной освещенностью), лк	Нормативная освещенность (искусственная освещенность), лк

3. Включить искусственное освещение, создав тем самым совмещенное освещение. Произвести измерение освещенности в 5 м от окна, т. е. в расчетной точке КЕО.

4. Используя табл. 2.1, определить для заданного разряда и подразряда работ нормативную освещенность в люксах (по столбцу 9) и сопоставить с фактической освещенностью.

5. Сделать вывод о соответствии фактической освещенности нормативным требованиям. При необходимости дать рекомендации по улучшению освещенности в помещении (увеличение количества светильников, установление ламп большей мощности, замена перегоревших ламп и др.).

2.2.3. Измерение искусственного освещения

1. Дать общую характеристику применяемой в помещении осветительной установки, для чего указать:

а) размещение светильников – общее равномерное, общее локализованное, комбинированное;

б) источники искусственного освещения – лампы накаливания, люминесцентные лампы, их мощность (для люминесцентных ламп тип цветности светового потока (ЛД, ЛХБ, ЛДЦ, ЛТБ) и мощность берутся из маркировки ламп, поставленных в светильники);

в) светильники – открытые, защищенные, влагозащитные, пыленепроницаемые, взрывозащитные.

2. Зашторить окна, включить искусственный свет и произвести измерение освещенности и коэффициента пульсации на 4 рабочих местах. Записать полученные данные в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Результаты измерения искусственного освещения

Рабочие места	1	2	3	4
Освещенность, лк				
Коэффициент пульсации, %				

3. Для заданного разряда и подразряда работ по табл. 2.1 определить минимальную освещенность и сопоставить с фактической. Сделать вывод о соответствии фактической освещенности нормативным требованиям. При необходимости дать рекомендации по улучшению освещенности в помещении.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает свет на здоровье человека и его работоспособность?

2. Что такое аккомодация и адаптация зрения человека?

3. Охарактеризуйте количественные и качественные показатели света. Дайте их определения.

4. Какие виды естественного освещения рабочих помещений вы знаете?

5. Каковы физический смысл и значение величины КЕО?

6. Как определить разряд и подразряд зрительной работы?

7. Как определяется нормативное и фактическое значение КЕО?

8. Виды искусственного освещения и их характеристики.
9. Требования, предъявляемые к различным видам искусственного освещения.
10. Как определить нормативное значение освещенности рабочих мест искусственным светом?
11. Дайте характеристику совмещенного освещения помещений. Где оно должно устанавливаться?
12. Расскажите об устройстве и правилах пользования люксметром-пульсметром ТКА-ПКМ (08).
13. Как провести оценку освещения помещения с точки зрения пригодности его для выполнения работ определенной точности?

Литература

1. Естественное и искусственное освещение = Натуральнае і штучнае асвятленне: СН 2.04.03-2020. – Введ. 24.03.2021. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2021. – 86 с.
2. Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий»: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37. – Введ. 06.06.2021. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100037> (дата обращения: 01.08.2026).
3. Гармаза, А. К. Охрана труда: учебник для студентов по специальностям «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство», «Туризм и природопользование», «Лесоинженерное дело», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Технология деревообрабатывающих производств»: в 2 ч. / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск : БГТУ, 2018. Ч. 1 – 299 с.; Ч. 2 – 170 с.