

Лабораторная работа:

**Гигиеническое нормирование и контроль
производственного освещения**

Цель работы

1. Изучить принципы организации производственного освещения.
2. Изучить особенности гигиенической оценки искусственного, естественного и совмещенного освещения.
3. Познакомиться с приборами для гигиенической оценки освещения.
4. Провести измерение светотехнических характеристик производственного помещения и дать на этой основе рекомендации по нормализации условий труда для зрительных работ конкретного вида.

Теоретическая часть

1. Общие принципы организации производственного освещения

Производственное освещение обеспечивает зрительное восприятие объектов окружающего человека пространства. Оно имеет исключительно большое значение, поскольку около 90% информации об окружающем мире поступает к человеку через зрительный канал.

В зависимости от источника света производственное освещение может быть трех видов:

- естественное, создаваемое солнечными лучами и диффузно-рассеянным светом небесного свода, поступающими в помещение через светопроёмы (окна);
- искусственное, создаваемое внутри производственных помещений осветительными установками, в которых применяются электрические источники света (лампы накаливания или люминесцентные лампы);
- совмещенное, когда естественное освещение дополняется искусственным.

Главным требованием при организации производственного освещения является обеспечение нормативных величин освещенности рабочих поверхностей. Это позволяет успешно выполнять зрительную работу в отсутствие перегрузки зрительного анализатора и его нормальном функционировании.

В зависимости от сложности и характера зрительных работ искусственное освещение может быть организовано в виде системы общего или комбинированного освещения.

Общее освещение применяется, как правило, для помещений, в которых выполняется зрительная работа невысокой точности (V - VIII разрядов), в административных и вспомогательных помещениях, а также при невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения, например, при протяженных рабочих местах (прокатные цеха и т.п.) или во взрывоопасных помещениях.

Система общего освещения может выполняться равномерно или локализовано размещенными светильниками общего освещения.

Локализованное размещение светильников используется, как правило, для освещения вертикально расположенных рабочих поверхностей и при наличии оборудования, организованного в линии с рядами однотипно расположенных рабочих мест (конвейеров, конвейерных поточных сборок узлов и механизмов).

Комбинированное освещение состоит из общего и местного, которое создается местными светильниками, обеспечивающими направленность концентрированного

светового потока на объект зрительной работы и высокий уровень освещенности рабочего места.

Систему комбинированного освещения, как правило, применяют при выполнении точных и особо точных работ (разрядов), а также для работ III-IV разрядов при необходимости различения объемных объектов наблюдения для создания на них благоприятного микрораспределения яркости и при работах с блестящими поверхностями, когда устройство местного освещения позволяет снизить или исключить отраженную блескость. Такая система является обычно более эффективной для точных зрительных работ по энергетическим и материальным затратам.

Назначение производственного освещения состоит в том, что оно обеспечивает решение зрительных задач, вытекающих из технологии производства. При этом эффективность осветительной установки может определяться уровнем производительности труда, заданной вероятностью правильного решения зрительной задачи, уровнем видимости и т.д. Названные величины представляют собой критерии оценки осветительных установок, но не показатели, используемые при нормировании.

В качестве показателей, характеризующих производственное освещение, используются две группы характеристик: количественные и качественные показатели.

К количественным показателям относятся такие величины, как освещенность, коэффициент естественной освещенности (КЕО), яркость и т.п. Освещенность легко измеряется переносными фотометрическими приборами, что позволяет легко ее контролировать.

Эффективность зрительной работы зависит не только от названных количественных показателей производственного освещения, но и от распределения светового потока в освещаемом пространстве и во времени, а также от спектра излучения источников света, используемых для освещения, т.е. от качественных показателей.

К качественным показателям относятся:

неравномерность распределения освещенности, оцениваемая отношением максимальной освещенности к минимальной.

$$K_p = (E_{\max} - E_{\min}) / 2 E_{\text{ср}}$$

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

Коэффициент пульсации освещенности K_p , оцениваемый выражением

$E_{\text{ср}}$ - среднее значение освещенности за этот же период; показатель ослепленности, оценивающий слепящее действие осветительной установки; показатель дискомфорта, оценивающий блескость, вызывающую неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

2. Гигиеническая оценка производственного освещения

Гигиенические нормы производственного освещения установлены ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение». При этом нормируемыми показателями являются:

- для искусственного освещения - освещенность рабочих поверхностей, E_p , лк;

- для естественного освещения - коэффициент естественной освещенности (КЕО), который определяется по формуле

$$e = \text{КЕО} = 100 E_{\text{вн}} / E_{\text{сн}} , \quad \%,$$

где $E_{\text{вн}}$ и $E_{\text{сн}}$ - величины освещенности поверхностей соответственно внутри и снаружи помещения, измеренные одновременно при отсутствии затемнения;

- для совмещенного освещения - также коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Гигиенические нормы искусственного производственного освещения устанавливаются в зависимости от характеристик, преобладающих в помещении зрительных работ, а именно:

- точности зрительной работы, которая определяется по величине наименьшего размера объекта различения (толщине линии контура буквы, диаметру провода и т.п.) и устанавливает разряд зрительной работы (с I по VIII) (для расстояний от глаза до объекта до 0,5м). При увеличении этого расстояния сверх 0,5м разряд зрительной работы необходимо определять по отношению $A_{\text{об}} / L$, где $A_{\text{об}}$ - минимальный размер объекта различения, а L - расстояние до глаз работающего;

- характеристики фона (т.е. поверхности, непосредственно примыкающей к объекту различения), которая устанавливается в зависимости от величины коэффициента его отражения $R_{\text{ф}}$. Если $R_{\text{ф}} > 0,4$ - фон считается светлым, при $0,2 < R_{\text{ф}} < 0,4$ - средним и при $R_{\text{ф}} < 0,2$ - темным;

- контраста объекта различения и фона, который рассчитывается по формуле

$$K = | R_{\text{ф}} - R_{\text{о}} | / R_{\text{ф}},$$

где $R_{\text{ф}}$ и $R_{\text{о}}$ - коэффициенты отражения поверхностей фона и объекта соответственно.

При величине $K > 0,5$ контраст считается большим, при $0,2 < K < 0,5$ - средним и при $K < 0,2$ - малым. В зависимости от сочетания характеристики фона и контраста объекта различения с фоном устанавливается подразряд зрительной работы, который обозначается буквами «а», «б», «в», «г».

При проектировании производственных помещений нормы освещенности устанавливаются по отраслевым нормативным документам, а при их отсутствии по ТКП 45-2.04-153-2009 Естественное и искусственное освещение.

Нормативные значения искусственного производственного освещения (по ТКП 45-2.04-153-2009) приведены в табл.3.1, а подразряды зрительных работ в зависимости от сочетания характеристик фона и контраста - в табл.3.2.

Таблица 3.1.

**Нормативные значения освещенности для искусственного
производственного освещения (в точке ее минимального значения)**

Разряд Наименование показателей раз- зрительных работ		1	2	3	4	5	6	7	8
Наименьший размер объек- та различения Аоб, мм Аоб/L*10 ⁻³		Менее 0,15	От 0,15 до 0,3	Свыше 0,3	Свыше 0,5 до 1	Свыше 1 до 5	Более 5	Более 0,5	Общее наблюде- ние за ходом произв. процесса
		Менее 0,3	От 0,3 до 0,6	Свыше 0,6 до 1	Свыше 1 до 2	Свыше 2 до 10	Свыше 10		
Ен, лк, - при общем освещении и подраз- ряде зри- тельных работ	а	1500	1250	400	300	300	--	--	--
	б	1000	600	200	200	200	--	--	--
	в	600	400	200	200	200	200	200	75-30
	г	300	200	200	200	200	--	--	--
Ен, лк, - при ком- биниро- ванном ос- вещении и подразряде зрительных работ	а	4500	3500	1500	750	400	--	--	--
	б	3500	2500	750	500	--	--	--	--
	в	2000	1500	600	400	--	--	--	--
	г	1250	750	400	---	--	--	--	--

Таблица 3.2.

Подразряды зрительных работ

Контраст Фон	Малый К < 0,2	Средний К = 0,2 : 0,5	Большой К > 0,5
Темный Рф < 0,2	а	б	б
Средний Рф = 0,2 - 0,4	б	в	г
Светлый Рф > 0,4	в	г	г

Нормированные значения освещенности (Ен), отличающиеся на одну ступень, образуют шкалу: 30, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 1000, 1250, 1500, лк. Если в системе освещения используются лампы накаливания, то Ен следует снижать на одну ступень:

- а) при общем освещении для разрядов с I по V;
- б) при комбинированном освещении, если Ен составляет 750 лк и более.

Установлено, также нормативное требование повышать Ен на одну ступень шкалы освещенности в случаях, когда:

- а) работы I - V разрядов выполняются в течение всего рабочего дня;
- б) в помещении с постоянными рабочими местами, если при отсутствии естественного света для общего освещения $E_n \leq 1000$ лк.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составить 10% от нормируемой для комбинированного освещения, при этом наибольшее и наименьшее значения освещенности от светильников общего освещения должны составлять соответственно 500 и 150 лк для газоразрядных ламп и 100 и 50 лк для ламп накаливания.

Для общего искусственного освещения минимальная неравномерность освещения должна обеспечиваться в зоне размещения рабочих мест, при этом отношение максимальной освещенности к минимальной не должна превышать для работ I - III разрядов при люминесцентных лампах 1,5, при других источниках света - 2; для работ IV - VII разрядов - соответственно 1,8 и 3.

Коэффициенты пульсации освещенности при использовании люминесцент-ных ламп не должен превышать данных, приведённых в табл.3.3.

Таблица 3.3

Коэффициенты пульсации освещённости

Система освещения	Кп(%) при разрядах зрительной работы		
	I, II	III	V – VIII
Общее освещение	10	15	20
Комбинированное освещение:			
а). общее	20	20	20
б). местное	10	15	20

Гигиенические нормы для естественного освещения устанавливают требуемую величину коэффициента естественной освещённости (КЕО) в зависимости от точности работ, вида освещения и географического расположения производства. Естественная освещённость в любой точке помещения равна горизонтальной освещённости, умноженной на значение КЕО в этой точке.

Примечание * - работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах.

Гигиенические нормы КЕО для бокового естественного и бокового совмещённого освещения приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Гигиенические нормы естественного и совмещённого освещения.

Разряд зрительной работы	I	II	III	IV	V	VI	VII
КЕО, % при боковом естественном освещении	3,5	2,5	2,0	1,5	0,6	0,5	1,0
КЕО, % при боковом совмещённом освещении	2,0	2,5	1,2	0,9	0,6	0,3	0,6

Для каждого производственного помещения строится кривая значений КЕО в характерном сечении (поперечный разрез посередине помещения перпендикулярно плоскости световых проемов), которая характеризует светотехнические качества помещения. Гигиеническая норма КЕО устанавливается для помещения с учетом вида естественного освещения. При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного сечения помещения с условной рабочей поверхностью» (или поверхностью пола). При двухстороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО, при верхнем и комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО (см.рис.3.1.)

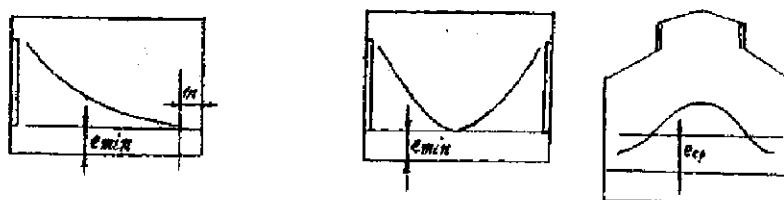


Рис.3.1. Схема распределения КЕО по разрезу помещения.

Экспериментальная часть

1. Гигиеническая оценка искусственного производственного помещения

1. Установить характеристики зрительной работы (точность, разряд и подразряд) для варианта, заданного преподавателем.

2. Определить гигиеническую норму искусственного рабочего освещения для данного варианта зрительной работы (E_n) .

3. В помещении лаборатории включить светильники общего освещения, зашторить окна и измерить освещенность на рабочих местах $(E^0_1, E^0_2, \dots, E^0_n)$. Измерения производить люксметром Ю - 116, руководствуясь инструкцией по эксплуатации.

4. Определить относительную разность измеренной и нормированной освещенности:

$$\Delta E = (E^0 - E^0_n) / E^0_n * 100\%$$

Величина ΔE должна находиться в пределах от -10 до +20% Данные измерений и расчетов оформить в виде таблицы (табл. 3.5.)

Таблица 3.5.

Результаты гигиенической оценки искусственного освещения.

№ варианта	Наименование работы	Характеристика зрительных условий труда				Разряд и подразряд работы	Е, лк	Е _н , лк	ΔЕ, %
		Размер объекта, мм	Рф	Роб	Контраст объекта с фоном, К				

5. На основании данных табл.3.1. сделать выводы о соответствии освещенности рабочих мест лаборатории нормативным требованиям. При необходимости указать меры по нормализации зрительных условий труда.

2. Гигиеническая оценка естественного освещения в лаборатории

1. Для помещения лаборатории определить место характерного сечения и с помощью люксметра ГО - 116 произвести измерение естественной освещенности $E_{вн}$ на расстоянии 1, 2м, ... (с интервалом 1м) от окна при одновременном измерении освещенности снаружи помещения $E_{сн}$.

Одновременное измерение освещенности внутри и снаружи помещения обычно производится двумя люксметрами, однако при устойчивом наружном освещении (когда разница между $E_{сн}^{тсн}$ и $E_{сн}$ за время измерения не превышает 10%) светотехническую съемку можно провести одним люксметром. Для этого необходимо 2-3 -кратное определение $E_{сн}$ (до, в середине и после замеров $E_{вн}$) и введение в расчетную формулу для определения КЕО вместо $E_{сн}$ их среднего значения.

Например, $E_{сн}^{cp} = (E_{сн1} + E_{сн2}) / 2$, лк,

где $E_{сн1}$ к $E_{сн2}$ - освещенность в контрольной точке снаружи помещения соответственно в начале и конце измерений.

В процессе измерений следует не допускать попадания прямых солнечных лучей на фотозлемент люксметра.

2. Измеренные значения занести в табл.3.6, в которой также указать полученные расчетные значения КЕО.

Таблица 3.6

Результаты измерений по оценке естественного освещения

№ точек замеров (ТЗ)	1	2	3	4	5
Расстояние от ТЗ до окна, м	1	2	3	4	5
Освещённость $E_{вн}$, лк					
Освещённость $E_{сн}$, лк					
КЕО в ТЗ, %					

3. Построить график зависимости КЕО от глубины помещения A и указать по величине КЕО разряд зрительных работ, допустимых к выполнению в данном помещении.

4. Выделить в помещении зоны шириной 3м для работ с большим допустимым уровнем зрительного напряжения и указать их разряды (рис.3.2)

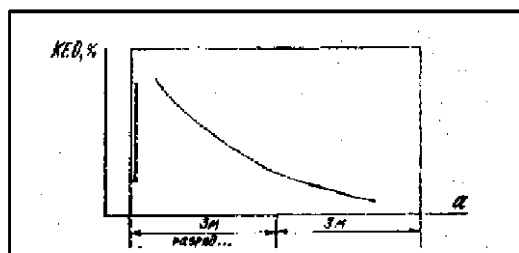


Рис.3.2. Зоны допустимых зрительных работ в помещении лаборатории

Контрольные вопросы

1. Назовите системы освещения и области их применения.
2. Какие показатели используются при гигиенической оценке искусственного, естественного и совмещенного освещения?
3. Какие характеристики зрительной работы учитываются при гигиеническом нормировании искусственного освещения?
4. Какие характеристики зрительной работы учитываются при гигиенической оценке естественного и совмещенного освещения?
5. Что такое коэффициент естественной освещенности и как он определяется практически?
6. Как определить разряд и подразряд зрительной работы?
7. Какими нормативно-техническими документами следует руководствоваться при установлении гигиенической нормы производственного освещения для конкретного производственного помещения?
8. Какие приборы используются при гигиенической оценке производственного освещения?
9. Как определить контраст объекта различения и фона зрительной работы?
10. Как выбирается точка производственного помещения, в которой нормируется величина КЕО?
11. Какие показатели используются для оценки качества освещения, создаваемого осветительной установкой?
12. Как определяется и нормируется величина неравномерности освещения?

Инструкция по эксплуатации переносного фотоэлектрического люксметра Ю - 116

Люксметр Ю - 116, предназначенный для контроля освещенности, состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента (ФЭ) с насадками, используемыми для ослабления падающего на ФЭ светового потока при высоких уровнях освещенности. Измеритель имеет 2 шкалы: 0 - 100 и 0 - 30. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0 - 100 точка начала находится под отметкой 20, на шкале 0 - 30 точка начала находится над отметкой 5. Прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое положение.

Насадка на ФЭ состоит из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы. Насадка помечена буквой "К", нанесенной на внутренней стороне. Эта насадка применяется не отдельно, а только совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначения "М", "Р" и "Т". Каждая из этих насадок совместно с насадкой К образует поглотитель с коэффициентами ослабления соответственно 10 и 100, которые применяются для расширения диапазонов измерений.

Люксметр градуирован без насадок в диапазонах измерений 5 - 50 и 20 - 100 лк (когда измерение проводится без насадок с открытым фотоэлементом). При использовании поглотителя, состоящего из насадок К и М, диапазоны измерения расширяются в 10 раз до 50 - 300 лк и 200 - 1000 лк соответственно. Применение поглотителя, состоящего из насадок К и Р, расширяет диапазоны измерения в 100 раз до 500 - 3000 лк и 2000 - 10000 лк соответственно.

При подготовке прибора к измерению стрелка устанавливается на нулевое деление шкалы при отсоединенном ФЭ с помощью корректора.

Принцип отсчета значений измеряемой освещенности состоит в следующем.

Против нажатой кнопки определяется выбранное с помощью насадок (или без них) наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0 - 100. При нажатой левой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 30, следует пользоваться шкалой 0 - 30. Показания прибора в делениях лк по соответствующей шкале умножают на коэффициент в зависимости от применяемых насадок и получают значение Еизм (лк).

Например, на ФЭ установлены насадки К и М ($K = 10$) и нажата левая кнопка. Стрелка показывает 22 деления по шкале 0-30. Измеряемая освещенность равна $22 * 10 = 220$ лк.

Для ускорения поиска диапазона измерений рекомендуется сначала использовать насадку с большим коэффициентом ослабления, а затем переходить

к насадке с меньшим ослаблением. При этой, работая с каждой насадкой, рекомендуется сначала нажимать правую, а затем левую кнопку.

Для получения правильной освещенности следует оберегать селеновый ФЭ от лишней освещенности, не соответствующей выбранным насадкам. Но при реальных уровнях общего освещения в лабораторном помещении . рекомендуется использовать насадки К, М, а при малой освещенности измерение вести без насадок.

Литература

1. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. - М.: Энергоатомиздат, 1983.