**Практическая работа №7**

**Расчет естественного освещения производственных помещений.**

Цель данной работы состоит в том, чтобы ознакомить студентов с методом измерения освещенности, обучить производить измерения, а также выполнять светотехнический расчет естественного освещения в производственных помещениях.

**Введение**

Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма. Она уменьшает потенциальную опасность многих производственных факторов, создает нормальные условия работы органам зрения и повышает общую работоспособность организма.

Анализ производственного травматизма показывает, что в более светлые месяцы года при равных условиях травматизма на производстве значительно снижается. Уличное освещение снижает число аварий на 20-30%. В условиях недостаточного естественного освещения можно применять совмещенное - естественное и искусственное. Это гигиенически не противопоказано.

**Основные теоретические сведения**

Существуют следующие способы освещения производственных помещений: естественное, искусственное и совмещенное.

*Естественное освещение* должно предусматриваться, как правило, в производственных помещениях с постоянным пребыванием людей. Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее, комбинированное (верхнее и боковое).

Осветительные условия характеризуются качественными и количественными показателями, к которым относятся: сила света, световой поток, освещенность, яркость, спектральный состав, постоянство освещенности и яркости.

Видность предмета определяется уровнем освещенности, контрастом объекта с фоном, распределением яркости в поле зрения и угловым размером объекта. Причем естественное освещение какой-либо точки помещения характеризуется коэффициентом естественной освещенности (сокращенно К.Е.О., С - буквенное обозначение), так как освещенность естественным светом непостоянна в течение суток, года, зависит от состояния облачности. К.Е.О. - это выраженное в процентах отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения к одновременному значению наружной освещенности, создаваемой диффузным светом полностью открытого небосвода.

*где е - коэффициент естественной освещенности (%);*

*Евн - естественная освещенность в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (ЛК);*

*Ен - наружная освещенность горизонтальной плоскости, создаваемой светом полностью неба (ЛК).*

Коэффициент естественной освещенности является нормируемой величиной. При боковом одно- или двухстороннем освещении нормируется минимальное значение К.Е.О. (рис. 1а и 2а), при верхнем или комбинированном - среднее значение (рис. 1б и 2б).

Расчет коэффициента естественного освещения производится с помощью графиков Данилюка, на которых небесная полусфера разбита на участки, создающие одинаковые К.Е.О. на расчетной горизонтальной плоскости. Определение К.Е.О. в данной точке помещения с известными размерами световых проемов сводятся к подсчету числа участков, видимых через светопроемы из данной точки.

На графиках небесной полусферы разбить на 10 000 участков равной световой активности, т.е. каждый участок создает освещенность в 10 000 раз меньшую, чем наружная. Если через световой проем виден один участок небосвода, К.Е.О. равен 0,0001 или 0,01 %.

Числа участков, видимых на высоте и ширине световых проемов, определяется по двум различным графикам (рис. 3), и коэффициент естественной освещенности определяется из выражения

*где n1 - число участков, видимых по высоте световых проемов;*

*n2 - число участков, видимых по ширине световых проемов.*

Полученное значение К.Е.О. корректируется с учетом влияния переплетов, остекление и т.п. посредством табличных коэффициентов. Скорректированное значение К.Е.О. не должно быть меньше нормированных значений, в противном случае необходимо увеличить размеры световых проемов.

При проектировании вновь строящихся предприятий коэффициент естественной освещенности принимают по нормативам в зависимости от характера работ, которые будут выполняться в помещении (табл. 1).

К нормируемому значение К.О.Е. вносятся поправки на световой климат и солнечность. Пояс светового климата принимают по рис. 4, а соответствующие коэффициенты по табл. 1 и 2.



*а - при двухстороннем боковом освещении;*

*б - при комбинированном освещении;*

*1 - уровень рабочей плоскости;*

*2 - кривая, характеризующая изменение К.Е.О. в плоскости разреза помещения;*

*3 - уровень среднего значения К.Е.О.;*

*М - точка, в которой нормируется минимальное значение К.Е.О.*

*Рисунок 1 - Распределения коэффициентов освещенности по разрезам помещений*



*а - одностороннее боковое освещение;*

*б - верхнее освещение;*

*1 - уровень рабочей плоскости;*

*2 - кривая, характеризующая изменение К.Е.О. в плоскости разреза помещения;*

*3 - уровень среднего значения К.Е.О.;*

*М - точка, в которой нормируется минимальное значение К.Е.О.*

*Рисунок 2 - Распределения коэффициентов освещенности по разрезам помещений*



*а - разрез;*

*б - план*

*Рисунок 3 - Определение К.Е.О. с помощью графиков Данилюка.*

*Рисунок 4 - Карта светового климата стран СНГ*

Расчетная величина К.Е.О. будет равна

|  |  |
| --- | --- |
|  | [%],  |

*где lp - расчетная значение коэффициента естественной освещенности (%);*

*lH - нормируемое значение коэффициента естественной освещенности (%);*

*К - коэффициент светового климата (табл 1);*

*С - коэффициент солнечности (табл. 2).*

Площадь световых проемов из выражения

|  |  |
| --- | --- |
|  | [м2],  |

*где Пр - расчетная площадь световых проемов (м2);*

*Ппол - площадь пола, освещаемая через окна (м2);*

*lp - расчетный коэффициент естественной освещенности (%);*

*P0 - световая характеристика световых проемов;*

*Кзд - коэффициент, учитывающий повышение К.Е.О. из-за затемнение окон противостоящими зданием;*

*Т0 - общий коэффициент светопропускания материала окон;*

*R - коэффициент, учитывающий повышение К.Е.О. благодаря свету, отраженному от внутренних поверхностей помещения и подстилающего к зданию.*

*Рисунок 5 - Основные размеров лаборатории необходимые для расчета естественного освещения*

Значения расчетных коэффициентов зависят от геометрических помещений и находятся по таблице 3-7.

*Таблица 1 Значение нормируемого коэффициента естественной освещенности (е) для производственных помещений (СП и П П-479)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика зрительной работы** | **Наименьший размер объекта различении (мм)** | **Разряд зрительной работы** | **Значение (е) % при освещений** |
| **боковое** | **верхнее и комбин.** |
| Наивысшей точности | менее 0,15 | I | 3,5 | 10 |
| Очень высокой точности | 0,15-0,3 | II | 2,5 | 7 |
| Высокой точности | 0,3-0,5 | III | 2,0 | 5 |
| Средней точности | 0,5-1 | IV | 1,5 | 4 |
| Малой точности | 1-5 | V | 1,0 | 3 |
| Грубая | более 5 | VI | 0,5 | 2 |
| Работе с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах | более 0,5 | VII | 1,0 | 3 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса | - | VIII | 0,3 | 1 |
| Периодическое наблюдение за состоянием оборудования (…) | - | VIII | 0,2 | 0,7 |
| Работа на механизированных и немеханизированных складах | - | VIII | 0,1 | 0,5 |

***Примечание***

*1. Приведенные значения (е) следует принимать для условной рабочей поверхности.*

*2. В помещениях с работой различной точности значение (е) следует принимать по точности работы, преобладающей в данном производстве.*

*3. Приведенные значение (е) при работах II-V разрядов допускается повышать на 1 разряд для помещений, предназначенных для работы или производственного обучения подростков.*

*4. Значение коэффициента светового климата (К).*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Пояс светового климата** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
| Коэффициент (К) | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 |

*Таблица 2 Значение коэффициента солнечности (с) при боковом освещении (СН и П II-4-79)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Пояс светового климата** | **Коэффициент (с) для световых проемов, ориентированных по сторонам горизонта (при отсчете азимутов от севера), градусы** |
| **136-225** | **226-315 и 46-135** | **316-45** |
| I | 0,90 | 0,95 | 1 |
| II | 0,85 | 0,90 | 1 |
| III | 1 | 1 | 1 |
| IV |  |  |  |
| Севернее 500 северной широты | 0,75 | 0,80 | 1 |
| Южнее 500 северной широты | 0,70 | 0,75 | 0,95 |
| V |  |  |  |
| Севернее 400 северной широты | 0,60 | 0,70 | 0,90 |
| Южнее 400 северной широты | 0,60 | 0,65 | 0,85 |

*Таблица 3 Значение световой характеристики (Р0) световых проемов при боковом освещении (СН и П II-4-79)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Отношение Д/Г** | **Отношение Р/Н** |
| **1** | **1,5** | **2** | **3** | **4** | **5** | **7,5** | **10** |
| 4 и более | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 9,0 | 10 | 11 | 12,5 |
| 3 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,6 | 10,0 | 11 | 12,5 | 14 |
| 2 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 13 | 15 | 17 |
| 1,5 | 9,5 | 10,5 | 13,0 | 15,0 | 17,0 | 19 | 21 | 23 |
| 1 | 11,0 | 15,0 | 16,0 | 18,0 | 21,0 | 23 | 26,5 | 29 |
| 0,5 | 18,0 | 23,0 | 31,0 | 37,0 | 45,0 | 54 | 66 | - |

*Таблица 4 Значение коэффициентов светопропускания (Т1, Т2, Т3, Т4)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид светопропускающего материала** | **Т1** | **Вид переплета** | **T2** |
| Стекло листовое: |  | Переплеты окон жилых и общественных зданий: |  |
| одинарное | 0,9 | одинарные | 0,8 |
| двойное | 0,8 | спаренные | 0,75 |
| тройное | 0,75 | двойные раздельные | 0,65 |
| узорчатое | 0,65 |   |  |
| **Степень загрязнения светопропускающего материала** | **T3** | **Вид несущих конструкций** | **T4** |
| *Значительное* загрязнение при расположении светопропускающего материала: |  | Стальные формы | 0,9 |
| Железобетонные и деревянные формы и арки | 0,8 |
| Вертикальном  | 0,65 | Балки и рамы сплошные при высоте сечения (см): |  |
| Наклонном или горизонтальном | 0,5 |
| *Умеренное* загрязнение при расположении светопропускающего материала: |  | 50 и более  | 0,8 |
| менее 50 | 0,9 |
| Вертикальном | 0,7 |     |  |
| Наклонном или горизонтальном | 0,55 |
| *Незначительное* загрязнение при расположении светопропускающего материала:  |  |
| вертикальном | 0,8 |
| наклонном или горизонтальном | 0,65 |

***Примечание*:** *Значительное загрязнение при содержании пыли, дыма, копоти и пр. 10 и более мг/м3; умеренное - от 5 до 10 мг/м3; незначительное - не более 5 мг/м3. Значения коэффициентов установлены с учетом сроков очистки:*

*При незначительном загрязнении - не менее 4 раза в год;*

*При умеренном загрязнении - не менее 3 раза в год;*

*При незначительном загрязнении - не менее 2 раз в год.*

*Таблица 5 Коэффициенты отражения потолка (Впот) и стен (Вст)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Состояние потолка** | **Впот** | **Состояние стен** | **Вст** |
| Свежопобеленный | 0,7 | Свежопобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами | 0,7 |
| Чистый бетонный | 0,5 | Свежопобеленные с окнами без штор | 0,5 |
| Побеленный в сырых помещениях | 0,5 | Бетонные, оштукатуренные, с окнами | 0,3 |
| Светлый, деревянный, окрашенный | 0,5 | Грязные | 0,1 |
| Бетонный, грязный | 0,3 | Кирпичные, неоштукатуренные | 0,1 |
| Деревянный неокрашенный | 0,3 |  |  |
| Грязный (кузница, склад угля и т.п.) | 0,1 |  |  |

*Таблица 6 Коэффициенты отражения (В) света цветными поверхностями*

|  |  |
| --- | --- |
| **Цвет окрашенной поверхности** | **Коэффициент отражения** |
| Белая политура | 0,84 |
| Белая полуматовая | 0,82 |
| Белая слоновая кость | 0,79 |
| Кремово-белая | 0,72 |
| Светло-розовая | 0,69 |
| Светло-желтая | 0,60 |
| Светло-красное | 0,56 |
| Голубая | 0,53 |
| Светло-серая | 0,53 |
| Серо-алюминивая | 0,42 |
| Зеленая (цвет шалфея) | 0,41 |
| Бежевая | 0,38 |
| Коричневая | 0,23 |
| Оливково-зеленая | 0,20 |
| Темно-коричневая | 0,15 |
| Темно-зеленая | 0,10 |
| Темно-синяя | 0,04 |

*Таблица 7 Значения коэффициента (г), учитывающего повышение К.Е.О., благодаря свету, отваженному от поверхности помещения и подстилающего слоя прилагающего к зданию (СН и П II-4-79)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Отношение Г/Н** | **Отношение Р/Г** | **Среднезавышенный коэффициент отражения Вcp** |
| **0,5** | **0,4** |
| **Отношение Д/Г** |
| **0,5** | **1** | **2 и более** | **0,5** | **1** | **2 и более** |
| 1,0-1,5 | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,0 |
| 0,5 | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 1,20 | 1,15 | 1,10 |
| 1,0 | 2,10 | 1,90 | 1,50 | 1,80 | 1,60 | 1,3 |
| 1,5-2,5 | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| 0,3 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,20 | 1,15 | 1,10 |
| 0,5 | 1,85 | 1,60 | 1,30 | 1,50 | 1,35 | 1,20 |
| 0,7 | 2,45 | 2,00 | 1,70 | 1,70 | 1,60 | 1,40 |
| 1,0 | 3,80 | 3,30 | 2,40 | 2,80 | 2,40 | 1,80 |
| 2,5-4,0 | 0,1 | 1,10 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,00 | 1,00 |
| 0,2 | 1,15 | 1,10 | 1,05 | 1,10 | 1,05 | 1,05 |
| 0,3 | 1,20 | 1,15 | 1,10 | 1,15 | 1,10 | 1,10 |
| 0,4 | 1,35 | 1,25 | 1,20 | 1,20 | 1,15 | 1,10 |
| 0,5 | 1,60 | 1,45 | 1,30 | 1,35 | 1,25 | 1,20 |
| 0,6 | 2,00 | 1,75 | 1,45 | 1,60 | 1,45 | 1,30 |
| 0,7 | 2,60 | 2,20 | 1,70 | 1,90 | 1,70 | 1,40 |
| 0,8 | 3,60 | 3,10 | 2,40 | 2,40 | 2,20 | 1,55 |
| 0,9 | 5,30 | 4,20 | 3,00 | 2,90 | 2,45 | 1,90 |
| 1,0 | 7,70 | 5,40 | 4,30 | 3,60 | 3,10 | 2,40 |

**Метод исследования осветительных условий**

Исследование количественной стороны осветительных условий осуществляется путем измерения освещенности и яркости.

Наиболее распространенный прибор для измерения освещенности объективный люксметр Ю-16 или Ю-17. Люксметры Ю-16 и Ю-17 предназначены для измерения освещенности с непосредственным отсчетом показаний по шкале в люксах.

Их можно применить как для измерения естественной, так и искусственной освещенности.

Измерение яркости производят посредством объективных и субъективных фотометров (ГОИ, ЛИОТ и др.).

Универсальным прибором, позволяющим производить любые светотехнические измерения является прибор Труханова. Он дает возможность измерять не только освещенность и яркость, но и скорость зрительного восприятия, контрастную чувствительность. Люксметр Ю-16 9 рис. 5) имеет пределы измерения от 0 до 50 000 лк. Он применим как для измерения освещенности внутри помещений, так и снаружи.

Люксметр Ю-17 (рис. 6) имеет предел измерений от 0 до 100 лк и применяется для измерения освещенности внутри помещений. Действие люксметров основано на том, что при освещении поверхности фотоэлементов в цепи, состоящей из фотоэлементов и магнитоэлектрического измерителя, возникают электрический ток, который отклоняет стрелку измерителя пропорционально освещенности.

Измерителем люксметров является магнитно-электрический стрелочный прибор. Стрелка измерителя приходит в движение вследствие взаимодействия магнитного поля в воздушном зазоре (поле создается постоянным магнитом) и фототоке (протекает в обложке подвижной рамки под влиянием света).

Светоприемник люксметров состоит из селенового фотоэлемента в пластмассовом корпусе и обнажен двужильным гибким проводом для подключения фотоэлемента к измерителю. Фотоэлемент люксметра Ю-16 прямоугольной формы с рабочей поверхностью 25 см2. Со стороны ручки фотоэлемент накладывается подвижная шторка, прикрывающая часть рабочей поверхности, позволяющая регулировать прибор при проверках. На корпус фотоэлементы надевается поглотитель. Он расширяет в 100 раз основные пределы измерений. Пределы измерения Ю-16: 0-25, 0-100, 0-500, с поглотителем: 0-2500, 0-10000, 0-50000 лк.

Приборы заключены в пластмассовые корпуса, на которых имеются зажимы для присоединения фотоэлемента, а также переключатель пределов измерений. Измерение освещенности производят в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности, с учетом типа освещения (рис. 1 и 2).

**Задача работы**

Измерить люксметром Ю-16 минимальную освещенность на рабочих местах внутри помещения и освещенность снаружи. Вычислить фактический коэффициент естественной освещенности.

По фактическому и расчетному коэффициентам естественной освещенности определить площади световых проемов.

Сопоставить полученные величины площадей окон с имеющимися в лаборатории. Сделать выводы и дать предложения.

**Порядок выполнения работы**

1. Измерить освещенность на условной рабочей плоскости в четырех наиболее удаленных от окон рабочих местах лаборатории. Измерения вести следующим образом:

*а) установить прибор в выбранной точке горизонтально и проверить совпадение стрелки с нулем шкалы, при необходимости скорректировать положение стрелки;*

*б) надеть поглотитель и установить верхний предел измерений (500);*

*в) подключить фотоэлемент к прибору, следя за правильным отклонением стрелки от нуля (вправо). При противоположном движении стрелки изменить полярность включения фотоэлемента.*

*г) если отклонение стрелки менее 10 делений на всех пределах шкалы (500, 100, 25), то снять поглотитель и проделать измерения вновь, начав с верхнего предела (500). Наиболее правильными будут показания тогда, когда стрелка прибора попадает в середину шкалы на одном из пределов измерений;*

*д) записать показания прибора.*

2. Определить наружную освещенность (измерения производят снаружи помещения, не допуская попадания прямого солнечного света на фотоэлемент). Измерения вести как указано выше.

3. По минимальной освещенности на рабочих местах вычислить фактический коэффициент естественной освещенности

4. Найти в таблице 1 согласно рис.4 значение коэффициента светового климата К.

6. Найти в таблице 2 значение коэффициента солнечности С.

7. Вычислить расчетным коэффициент естественной освещенности

lp = lH \* K \* C %.

8. Найти отношение Д/Г и Г/Н (рис. 7). Характерные размеры помещения лаборатории приведены ниже, в конце описания порядка выполнения работы.

9. Найти в таблице 3 значение коэффициента световой характеристики световых проемов Р0.

10. По значению коэффициента светопропускания Т1, Т2, Т3, Т4 из таблицы 4 определить общий коэффициент светопропускания

Т0 = Т1 \* Т2 \* Т3 \* Т4.

11. Найти в таблице 5 и 6 значения коэффициентов отражения: потолка - Впот., стен - Вст., пола - Впол.

12. Вычислить средневзвешенный коэффициент отражения:

13. Вычислить отношение Р/Г.

14. Найти в таблице 7 значение коэффициента учитывающего повышение К.Е.О. при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию.

15. Вычислить площадь световых проемов, используя фактически коэффициент естественной освещенности (е факт.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  [м2]  |

16. Вычислить площадь световых проемов, используя расчетный коэффициент естественной освещенности:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  [м2]  |

17. Вычислить относительные погрешности

|  |  |
| --- | --- |
|  | [%]  |

|  |  |
| --- | --- |
|  | [%]  |

18. Сделать выводы и дать предложения.

19. Характерные размеры помещения лаборатории.

Длина помещения Д = 10,4 м;

Глубина помещения Г = 6,5 м;

Расстояние от наружной стены до рабочей точки Р = 6 м;

Возвышение верхнего края окна над условной горизонтальной плоскостью Н = 2,3 м;

Площадь стен Пст = 99,8 м2;

Площадь потолка и пола, каждая Ппот = Ппол = 60,3 м2.

Площадь остекленения Пост = 6,4 м2.