

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ
ЕСТЕСТВЕННЫМ СВЕТОМ**

КУЙБЫШЕВ 1989

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННЫМ СВЕТОМ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
к лабораторной работе № 5
для студентов

Составитель В. И. Стебихов

УДК 658.283(076.5)669

Исследование освещенности помещений естественным светом: Метод. указания / Сост. В. И. Стебихов; Куйбыш. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989. 12 с.

В лабораторной работе дано определение светотехнических единиц, описание измерительного прибора, определение коэффициента естественной освещенности, приведен порядок выполнения работы, дан перечень контрольных вопросов.

Работа предназначена для студентов всех специальностей.

Рецензент А. В. Тарасов

Лабораторная работа № 5

Цель работы: Освоить методику расчета коэффициента естественной освещенности и нормирования естественного освещения в производственных помещениях.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Зрение — главный «информатор» человека; около 90% всей информации о внешнем мире поступает в наш мозг через глаза.

Ощущение света возникает в результате воздействия на сетчатку глаза потока лучистой энергии.

Световой поток F — мощность светового излучения, т. е. видимого излучения, оценивается по световому ощущению, которое оно производит на глаз. Сила света I , которая определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла $I = d\Phi / d\Omega$.

Люмен (лм) — единица светового потока, равная 1 канделе на 1 стерадиан.

Стерадиан — единица пространственного угла с вершиной в центре шара радиусом 1 м, вырезающим на поверхности сферы площадку, равную квадрату радиуса, т. е. 1 м².

Кандела (кд) — сила света, испускаемого с поверхности площадью 1/600000 м² полного излучения в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины (2046,65°K).

Освещенность E — поверхностная плотность светового потока, падающего перпендикулярно на освещаемую площадку.

Люкс (лк) — единица освещенности — освещенность поверхности в 1 м² световым потоком в 1 люмен, равномерно распределенным по этой поверхности.

Яркостью поверхности L в данном направлении называется отношение силы света, излучаемой поверхностью в этом

направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению:

$$L_s = dI_s / (dS \cdot \cos \alpha),$$

где dI_s — сила света, излучаемого поверхностью dS в направлении α .

Контраст объекта с фоном K характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точка, линия, знак, пятно, трещина, риска, раковина или другие элементы, которые требуется различать в процессе работы) и фона. Контраст определяется по формуле

$$K = (L_{\text{ф}} - L_0) / L_{\text{ф}},$$

где $L_{\text{ф}}$ и L_0 — яркость фона и объекта.

Контраст объекта с фоном считается большим при значениях K более 0,5, средним — при $K = 0,2$ до 0,5 и малым — при K менее 0,2. Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект, зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции.

Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = K / K_{\text{пор}},$$

где K — контраст объекта с фоном;

$K_{\text{пор}}$ — пороговый контраст, т. е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Показатель ослепленности P — критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой, значение которого определяется по формуле

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

где P — показатель ослепленности;

$S = V_1/V_2$ — коэффициент ослепленности;

V_1 и V_2 — видимость объекта наблюдения соответственно при экранировании и при наличии блеских источников в поле зрения.

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток и зависит от цвета и фактуры поверхности. Его значение может находиться в пределах $\rho = 0,02$ до 0,95. К основным показателям, определяющим условия зрительной работы, относятся такие понятия, как фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности.

Ввиду непостоянства в помещениях естественной освещенности, которая зависит от времени года, суток, метеорологических факторов, возникла необходимость вместо установления освещенности

в люксах нормировать и определять уровень естественной освещенности относительной величиной — коэффициентом естественной освещенности — КЕО, который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке внутри помещения E_v к одновременной наружной горизонтальной освещенности E_n , создаваемой рассеянным светом всего небосвода ($e = E_v/E_n \cdot 100\%$). Достаточность естественного освещения в помещениях регламентируется нормами СНиП П-4-79. Нормированное значение КЕО e_n определяется по таблице с учетом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения зданий на территории СССР. Следует рассчитывать по формуле.

$$e_n = e \cdot m \cdot c,$$

где m — коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от района расположения зданий на территории СССР;

c — коэффициент солнечности климата, определяемый по таблице норм в зависимости от ориентации здания относительно сторон света.

При боковом освещении через окно нормируется минимальное значение КЕО в наиболее удаленной точке помещения $e_{\text{мин}}$ (рис. 1, а). При верхнем и комбинированном освещении норми-

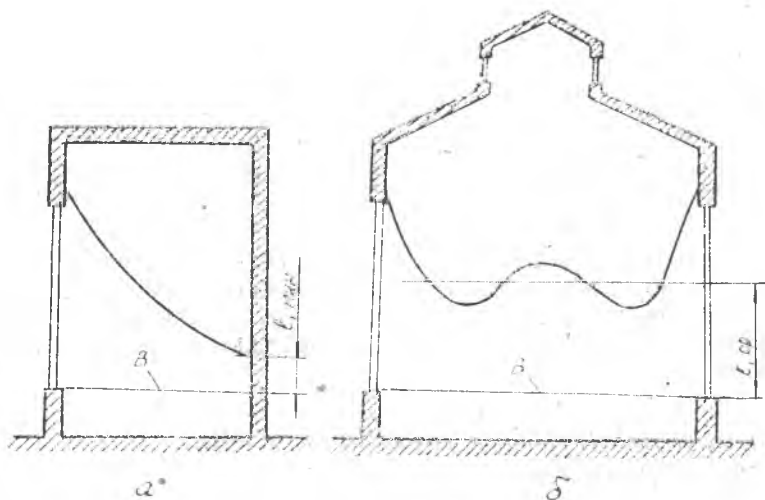


Рис. 1. Схема распределения КЕО по разрезу помещения: а — одностороннее боковое; б — комбинированное освещение; B — уровень рабочей плоскости

Нормы проектирования естественного освещения
для производственных помещений

Характер зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Разряд зрительной работы	КЕО, %		Отношение площади остекления к площади пола
			Верхнее или комбинированное	Боковое	
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5	—
Очень высокой точности	0,15—0,3	II	7	2,5	1:4 ÷ 1:5
Высокой точности	0,3—0,5	III	5	2	1:4 ÷ 1:5
Средней точности	0,5—1,0	IV	4	1,5	1:5 ÷ 1:6
Малой точности	1,0—5,0	V	3	1,0	1:5 ÷ 1:6
Грубая (очень малой точности)	> 5	VI	2,0	0,5	1:6 ÷ 1:7
Работа со светящимися матер. и издел. в горячих цехах	Более 0,5	VII	3,0	0,8	1:5 ÷ 1:6
Наблюдение периодическое	—	VIII	1,0	0,3	1:6 ÷ 1:7
Наблюдение за состоянием оборудования	—	VIII	0,7	0,2	1:8 ÷ 1:9
Работы на механизированных и немеханизированных складах	—	IX	0,5	0,1	1:9 ÷ 1:10
Проходы, проезды	—	X	0,5	0,1	1:10 ÷ 1:12

Примечание В помещениях с работами различной точности значение КЕО следует принимать по точности работы, преобладающей в данном производстве.

руется среднее значение КЕО $e_{ср}$ (рис. 1,б). По таблице следует ознакомиться с нормами естественной освещенности, классификацией производств по условиям зрительной работы, а также с величинами принятых соотношений между площадью остекления и площадью пола.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

Освещенность измеряется люксометром Ю-16, принципиальная схема которого приведена на рис. 2.

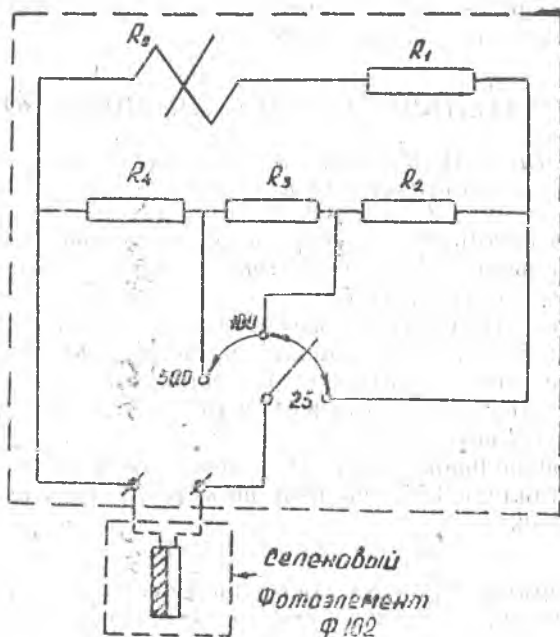


Рис. 2. Принципиальная схема люксметра Ю-16

Прибор состоит из селенового фотоэлемента Ф-102 и измерителя со шкалой, градуированной в люксах.

На корпус фотоэлемента надевается поглотитель, позволяющий расширить пределы измерений в 100 раз.

Люксметр Ю-16 имеет три основных предела измерений (25, 100, 500 лк) и три дополнительных (2500, 10000 и 50000 лк), получаемых с надетым на фотоэлемент поглотителем.

При работе без поглотителя и при положении переключателя 25 отсчет освещенности ведется по верхней шкале с ценой деления 0,5 лк, при положении 100 используется средняя шкала — цена деления 2 лк, при положении 500 — отсчеты на нижней шкале — цена деления 10 лк.

При работе с поглотителем цена деления для разных шкал соответственно возрастает в 100 раз. Погрешность люксметра имеет максимальную величину в начале шкалы, поэтому для большей точности измерений, комбинируя положение переключателя и используя поглотитель, нужно стремиться работать в середине или в правой стороне шкалы.

При производстве замеров следует соблюдать особую осторожность (прибор из футляра не извлекать), т. к. растяжки, на кото-

рых подвешена рамка со стрелкой, имеют толщину волоса и могут оборваться даже при легком ударе.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ ОХРАНЫ ТРУДА

1. После ознакомления с теоретической частью, люксметром и его принципиальной схемой подготовить форму протокола отчета и вычертить схемы (рис. 3,а,б).

2. Замерить люксметром фактическую освещенность E_x на уровне стола в 5 точках, отмеченных на полу лаборатории, исключив освещение фотоэлемента прямым солнечным светом.

3. Определить фактический КЕО в точках А, В, С, Д, Е. Это выполняется следующим образом:

а) для контрольной точки «С» этот коэффициент определен заранее и составляет 3,5%, поэтому по формуле определяется КЕО для других точек:

$$e_{\text{фак } x} = E_x / E_c \cdot 3,5\%$$

(В данной формуле E_c будет постоянной величиной. При расчете всех других точек, достаточно вместо E_x подставить фактическую освещенность в интересующей точке);

б) по данным таблицы устанавливается разряд помещения по условиям зрительной работы;

в) фактическое значение минимального КЕО для наиболее неблагоприятного места между точками Д и Е сравнивается с КЕО по норме для бокового освещения;

г) проверяется, соответствует ли этот КЕО нормам (если не соответствует, наметить ряд мероприятий по приведению фактического КЕО в соответствие с нормой).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ ОХРАНЫ ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Рассчитать КЕО для тех же 5 точек по графо-аналитическому методу А. М. Данилюка. Расчет ведется в следующем порядке:

а) выполненный в масштабе 1:50 на кальке (плексиглазе) поперечный разрез помещения накладывают на график I (см. рис. 3,а), совместив точку, например Н, для которой определяется КЕО, с полюсом графика, точкой О. Основание графика совмещают с плоскостью, проходящей через точку Н, как это показано

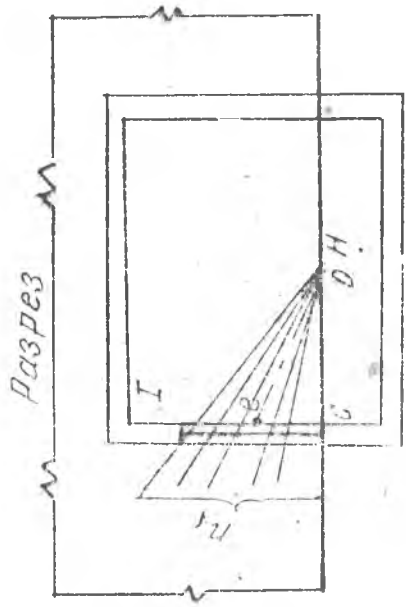
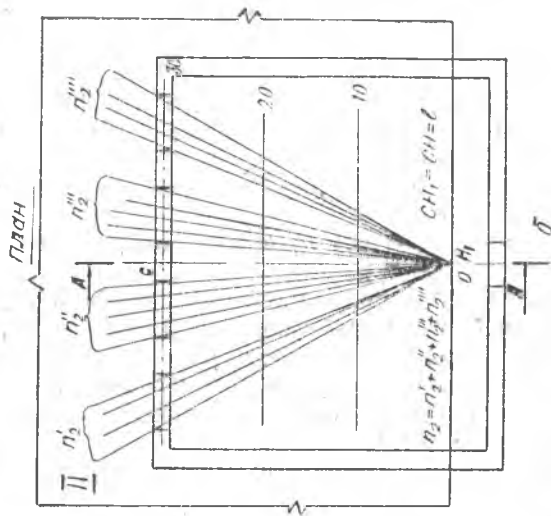


Рис. 3. а — поперечный разрез помещения;
б — план помещения

на рис. 3,а, и подсчитывают число лучей графика (n_1), захватываемых светопроемом по высоте (за луч принимается промежуток между смежными линиями графика);

б) выполненный на кальке (плексиглазе) план помещения накладывают на график II, рис. 3,б. Полюс графика совмещают с точкой H_1 и подсчитывают число лучей, которые захватывают по ширине все светопроемы, видимые из точки H_1 . Сумма лучей по всем проемам составит величину n_2 при четырех окнах лаборатории $n_2 = n_2' + n_2'' + n_2''' + n_2''''$;

в) по формуле $e_{расч} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot \tau_0 \%$ определяют КЕО для данной точки,

где 0,01 — цена луча. Она получается следующим образом: полусферу (небосвод) разбивают на 10000 лучей—участков равной световой активности и принимают ее за 100%. Если разделить светотдачу всего небосвода, что составляет 100% на количество лучей — 10000, то мы и получим — 0,01;

n_1 — число лучей проходящих через проем по высоте (график I на рис. 3,а);

n_2 — сумма лучей, проходящих по ширине всех световых проемов (график II на рис. 3,б);

τ_0 — коэффициент светопропускания проемов, зависящий от вида остекления, состояния стекол и конструкции переплетов. Этот коэффициент может находиться в пределах от 0,25 до 0,75. В нашем случае принимается равным 0,5.

Указанные выше действия выполняются для всех точек.

2. Нужно установить, соответствуют ли расчетные КЕО между точками D и E (наиболее неблагоприятное место) норме, указанной в таблице для бокового освещения. Если не соответствуют, то наметить мероприятия по приведению расчетных КЕО в соответствие с нормой. Нормирование КЕО дано в таблице.

3. Установив масштаб КЕО, в отчете вычертить сетку координат по образцу, данному в протоколе, и построить график (рис. 4), где одна кривая $e_{расч}$ характеризует изменение расчетных значений КЕО в зависимости от расстояния каждой точки от светопроема, а вторая $e_{фак}$ — изменение найденных ранее в п. 1 фактических значений КЕО для тех же точек (КЕО откладывается по ординатам от соответствующих точек). Изложить соображения о взаимном расположении кривых (зависимость от времени года, суток и метеорологических условий вне помещения).

4. Установить соответствие отношения площади остекления к площади пола для помещения лаборатории охраны труда, определив на основе следующих размеров лаборатории отношение (в виде простой дроби) площади остекления к площади пола:

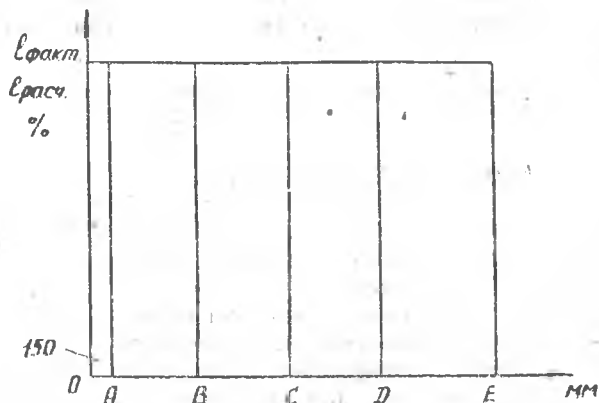


Рис. 4. Графики фактического и расчетного коэффициентов естественной освещенности

- а) строительная высота светопроемов — 2,05 м;
 б) строительная ширина окон — 1,75 м (4 окна);
 в) длина и ширина помещения 11,65 × 5,5 м;
 г) площадь остекления будет меньше строительной площади светопроемов из-за наличия переплетов, для чего общую площадь пустых светопроемов нужно умножить на коэффициент 0,75.

66 м²

По таблице в зависимости от установленного ранее разряда помещения по условиям зрительной работы проверить, соответ-

Протокол к работе № 5

Показатели		Точки				
		А	В	С	Д	Е
Е _{ан.лк}						
E _{факт} × = $\frac{E_x}{E_c}$ 3,5%				3,5		
Число лучей по графикам Данилюка	n _г					
	n _н					
E _{расч}						

ствует ли норме отношение площади светопроемов к площади пола. Если не соответствует, то указать меры для обеспечения такого соответствия.

Примечание. Таблицу, графики 1, 2 Данилюка смотри на планшете у рабочего места.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое световой поток и в каких единицах он измеряется?
2. Что такое освещенность? Единицы ее измерения.
3. Как определяется контраст?
4. От чего зависит видимость и как она определяется?
5. Как определяется показатель ослепленности?
6. Как определяется коэффициент пульсации освещенности?
7. От чего зависит естественная освещенность в помещениях?
8. Что такое коэффициент естественного освещения, как он нормируется для помещений с боковым и комбинированным освещением? Пояснить значение $e_{\text{мин}}$ и $e_{\text{ср}}$.
9. Как работает люксметр Ю—16?
10. Как подсчитать число лучей по графикам А. М. Данилюка и как определить коэффициент естественного освещения в данной точке помещения?
11. Может ли построенная фактическая кривая КЕО размещаться выше или ниже расчетной кривой на том же графике и почему?
12. Какими общими возможными способами можно повысить уровень естественного освещения в помещении?
13. Почему в формуле Данилюка поставлен коэффициент 0,01?

Стебихов Василий Иванович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИИ
ЕСТЕСТВЕННЫМ СВЕТОМ**

Редактор Л. Я. Чегодаева
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. Д. Чайникова

Сдано в набор 6.07.89 г. Подписано в печать 22.08.89 г.
Формат 60×84 1/16. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. п. л. 0,7. Уч.-пзд. л. 0,6. Т. 500 экз. Заказ 649.
Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
443086, Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Тип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института.
443001, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.