

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЁВА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ
ПОМЕЩЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫМ
СВЕТОМ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

Самара 2008

УДК 658.283 (076Ю 5) 669

Рецензент канд. техн. наук, доц. Анипченко Л.А.

Составители: *О.А. Сенина, А.И. Ивлиев*

Исследование освещенности помещения естественным светом: метод. указания / сост. О.А. Сенина, А.И. Ивлиев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 24 с.

В методических указаниях 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. Разработаны на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности СГАУ.

Печатаются по решению Редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева.

© Самарский государственный
Аэрокосмический университет, 2008

Ц е л ь р а б о т ы: Изучить основные светотехнические показатели освещения, принципы организации и нормирования производственного освещения. Освоить методику расчета коэффициента естественной освещенности.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Одним из основных факторов, определяющих условия внешней среды на рабочем месте является освещение. Рационально организованное освещение уменьшает утомление зрения, что способствует повышению производительности и безопасности труда.

В производственном помещении применяются следующие виды освещения: естественное, искусственное и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Естественное освещение не только положительно влияет на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. Во всех производственных помещениях, с постоянным пребыванием в них людей, для работы следует предусматривать **естественное освещение**, как более экономичное и совершенное с точки зрения санитарно–гигиенических требований по сравне-

нию с искусственным. Исключение составляют производства, где естественное освещение нарушает технологический процесс (фотолаборатории и т.п.).

1.1 Основные характеристики освещения

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями.

Количественными показателями являются световой поток, сила света, освещённость и яркость.

Качественными показателями, определяющими условия зрительной работы с естественным освещением, являются фон и контраст объекта с фоном.

Количественные светотехнические показатели

С вет о в о й п о т о к F (лм) – мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, которое испытывает зрение человека.

С и л а с в е т а J (кд) – пространственная плотность светового потока, то есть световой поток, отнесённый к телесному углу, в котором он излучается

$$J = F / \omega$$

где ω – телесный угол (в стерadians).

О с в е щ ё н н о с т ь E (лк) – отношение светового потока к площади освещаемой им поверхности

$$E = F / S$$

Я р к о с т ь L (кд/м²) – отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению излучения

$$L = J / (S \cos\alpha)$$

Качественные светотехнические показатели

Ф о н – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

К о э ф ф и ц и е н т о т р а ж е н и я есть отношение отражённого от поверхности светового потока к падающему на неё световому потоку, то есть

$$\rho = F_{\text{отр}} / F_{\text{пад}}$$

Фон считается светлым, если коэффициент отражения $\rho > 0,4$. При $\rho = 0,2-0,4$ фон считается средним, а при $\rho < 0,2$ – тёмным.

К о н т р а с т о б ь е к т а с ф о н о м K определяется из выражения

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

где $L_{\text{ф}}$, $L_{\text{об}}$ – яркость фона и объекта различения соответственно.

Контраст считается большим при $K > 0,5$, средним при $K = 0,2-0,5$ и малым при $K < 0,2$.

1.2 Нормирование естественного освещения

Основные требования к освещению промышленных предприятий изложены в строительных нормах и правилах (СНиП 23-05-95). Нормы освещения построены на основе классификации работ на восемь разрядов по определённым количественным признакам. В основу выбора норм для первых семи разрядов положен размер объекта различения, под которым понимается рассматриваемый предмет или его часть, а также требующий различения дефект (например, точка, риска, линия, пятно и т. п.), табл. 1.

Разряды зрительных работ

Таблица 1

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы
Наивысшей точности	Менее 0,15	I
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV
Малой точности	Св. 1,0 до 1,0	V
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI

Особенность естественного освещения – чрезвычайно широкий диапазон изменения и непостоянство, что обусловлено временем года, временем дня, состоянием облачности и отражающими свойствами земного покрова.

Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным значением освещённости на рабочем месте не представляется возможным.

В качестве нормируемой величины взята относительная величина – коэффициент естественной освещённости (КЕО) e , – отношение (в процентах) естественной освещённости E_B в данной точке внутри помещения к одновременному значению наружной горизонтальной освещённости E_H , создаваемой светом полностью открытого небосвода.

$$e = (E_B / E_H) * 100\%$$

Значение e не зависит от времени дня и года, метеорологических факторов и показывает долю (в процентах) освещённости от небосвода, попадающую через оконные проемы в расчетную точку помещения. Естественное освещение помещений осуществляется *боковым светом* через световые проемы в наружных стенах или через прозрачные части стен, выполненные из пустотелых стеклянных блоков; *верхним* – через световые проемы, устраиваемые в покрытии; *комбинированным* через световые проемы в покрытии и стенах.

В табл. 2 представлены нормы естественного освещения через боковые и комбинированные световые проемы.

Указанные в нормах значения КЕО для верхнего и комбинированного освещения выше, чем для бокового.

Это объясняется тем, что при верхнем и комбинированном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (В).

Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен.

При боковом же одностороннем освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от окон, рис. 1.

**Нормативные значения КЕО
для совмещенной системы освещения**

Таблица 2

Разряд зрительной работы	КЕО, %		Отношение площади остекления к площади пола
	Верхнее или комбинированное	Боковое	
I	6.0	2.0	-
II	4.2	1.5	1:4-1:5
III	3.0	2.2	1:4-1:5
IV	2.4	0.9	1:5-1:6
V	1.8	0.6	1:5-1:6
VI	1.8	0.6	1:6-1:7
VII	1.8	0.6	1:5-7:6
VIII			
Наблюдение за ходом технологического процесса			
периодическое	1.8	0.6	1.6-1.7
постоянное	0.7	0.2	1.8-1.9

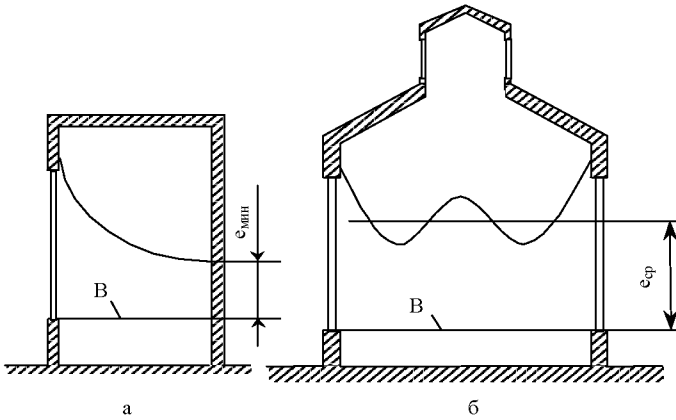


Рис.1 Схема распределения КЕО по разрезу помещения: а – одностороннее боковое; б – комбинированное освещение; В – уровень рабочей плоскости

При изучении принципа нормирования естественного освещения следует обратить внимание на то, что при нормировании, кроме характера зрительной работы и системы освещения, учитывается также географическое расположение предприятия. Все административные районы территории РФ разделены на 5 групп по ресурсам светового климата (табл.3). Нормативное значение КЕО, (%), приведенное в СНиП 23-05-95 (табл.2), относится к группе 1.

Для остальных четырех групп административных районов норму естественного освещения находят следующим образом

$$e = e_n m_N, (1)$$

где e_n – нормативное значение КЕО выбирают по табл. 2; табл. 4; m_N – коэффициент светового климата по табл. 4. (с учетом номера группы административного района, табл.3)

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Таблица 3

Номер группы	Административный район (области)
1	Московская, Смоленская, Калужская, Тульская, Рязанская, Свердловская и др.
2	Самарская , Орловская, Брянская, Курская, Липецкая, Воронежская и др.
3	Псковская, Ярославская, Тверская, Ивановская, Ленинградская и др.
4	Архангельская, Мурманская
5	Ростовская, Астраханская, Амурская и др.

Коэффициент светового климата (m_N)

Таблица 4

Световые проемы	Ориентация световых проемов	Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах здания	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ,СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
	З,В	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	ЮВ,ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8

1.3 Расчет коэффициента естественного освещения по методу А.М. Данилюка

Для расчета естественного освещения используется графоаналитический метод, предложенный Д. М. Данилюком.

А. М. Данилюк предложил разбить полусферу небосвода на 10000 участков (лучей) равной световой активности.

Для определения КЕО подсчитывают, какое число лучей видно из расчетной точки помещения через светопроем (или светопроемы, если их несколько), т.е. графически определяют, какая часть светового потока от всего небосвода непосредственно попадает в расчетную точку.

Число лучей небосвода находят при помощи двух графиков, по которым рассчитывают число лучей, проходящих через световой проем по высоте и ширине соответственно.

Графики А. М. Данилюка представляют собой пучок проекций лучей, соединяющих центр полусферы небосвода с участками равной световой активности по высоте (см. рис.2) и по ширине (рис.3) светового проема.

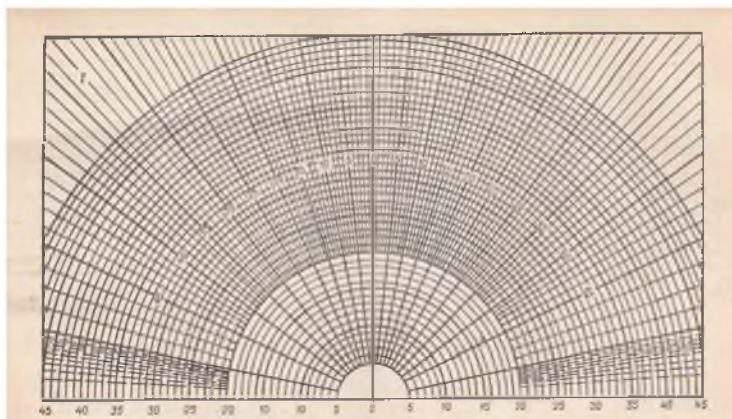


Рис. 2. График для подсчета количества лучей, проходящих через световой проем по высоте проема

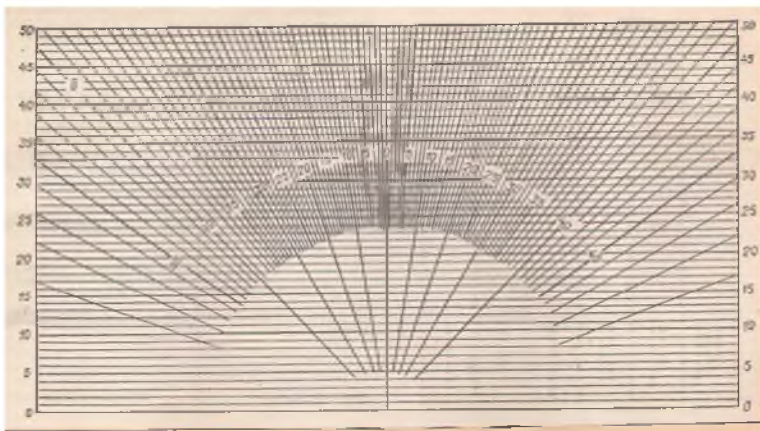


Рис. 3. График для подсчета количества лучей, проходящих через световой проем по ширине проема

Таким образом, если через световой проем виден один участок небосвода, то коэффициент естественного освещения равен 0,0001, если видны два участка, то коэффициент естественного освещения равен 0,002. Если 10000 участков полного небосвода принять за 100%, то коэффициент естественного освещения составит для этих примеров 0,01% и 0,02% соответственно.

1.4 Расчет естественного освещения

Расчет естественного освещения сводится к определению площади оконных проемов производственного помещения. Этот расчет должен определить правильное отношение площади оконных проемов к площади пола. Правильное соотношение этих площадей обеспечивает минимально допустимое значение коэффициента естественной освещенности на рабочем месте.

В табл. 2 представлены отношения площади остекления к площади пола для различных значений КЕО при боковом, верхнем и комбинированном освещении. Расчет площади све-

товых проемов при боковом освещении помещения проводится с помощью следующего выражения

$$100 * (S_o/S_{\Pi}) = (e_n * K_3 * q * K_{зд}) / (t * r)$$

где S_o – площадь оконных проемов, m^2 ; S_{Π} – площадь пола помещения, m^2 ; e_n – нормативное значение КЕО; K_3 – коэффициент запаса; q – световая характеристика окон; $K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; t – общий коэффициент светопропускания стекол; r – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения.

Все необходимые для расчета данные содержатся в /1,2/.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

2.1 Описание прибора для измерения освещенности

Освещенность измеряется люксметром Ю116, который состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента с насадками.

На передней панели измерителя имеются кнопки переключателя и табличка со схемой, связывающей действие кнопок и используемых насадок с диапазонами измерений люксметра.

Прибор магнитоэлектрической системы имеет две шкалы: 0-100 и 0-30. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0-100 точка находится над отметкой 20, на шкале 0-30 точка находится над отметкой 5. Прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое положение.

На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для присоединения селенового фотоэлемента. Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединя-

ется к измерителю шнуром с розеткой, обеспечивающей правильную полярность соединения. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы, и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Насадка обозначена буквой К, нанесенной на ее внутреннюю сторону. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образует поглотитель с общим коэффициентом ослабления соответственно 10, 100, 1000, что позволяет расширить диапазон измерений.

2.2 Экспериментальное определение коэффициентов естественного освещения

1. После ознакомления с теоретической частью, люксметром и его принципиальной схемой подготовить форму протокола отчета, табл. 5

2. Замерить люксметром фактическую освещенность E_v на уровне стола в точках, отмеченных на полу лаборатории, исключив попадание на фотоэлемент прямого солнечного света

3. Рассчитать по экспериментальным данным КЕО в точках А, В, С, Д, и Е.

Для этого:

а) для контрольной точки «С» коэффициент определен заранее и составляет 3,5%. Поэтому экспериментальное значение КЕО для других точек, с целью упрощения измерений, можно рассчитать относительно значения в известной точке «С» по формуле:

$$e_3 = (E_x / E_c) * 3,5\%$$

В данной формуле E_c будет постоянной величиной. При расчете значения КЕО для всех других точек, достаточно вме-

сто E_x подставить измеренную освещенность в интересующей точке.

б) по данным табл. 1 и табл. 2 выбрать нормативное значение освещения, а с помощью данных табл. 3 и табл. 4 по формуле 1 скорректировать нормативные значения освещения с учетом географического положения Самарской области.

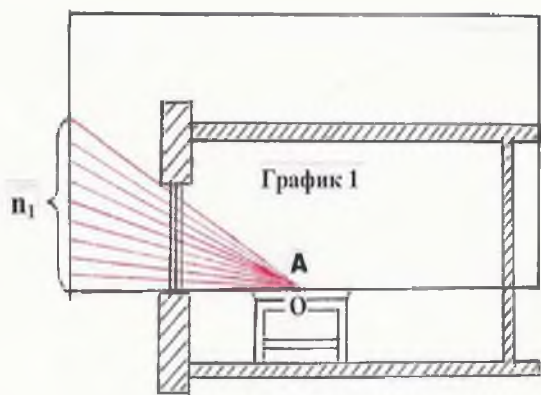
в) экспериментальное значение КЕО для наиболее неблагоприятного места между точками Д и Е сравнить с нормативным значением КЕО

г) в случае не соответствия нормам полученного экспериментальным путем значения КЕО, предложить возможные мероприятия по приведению естественной освещенности в соответствии с нормами.

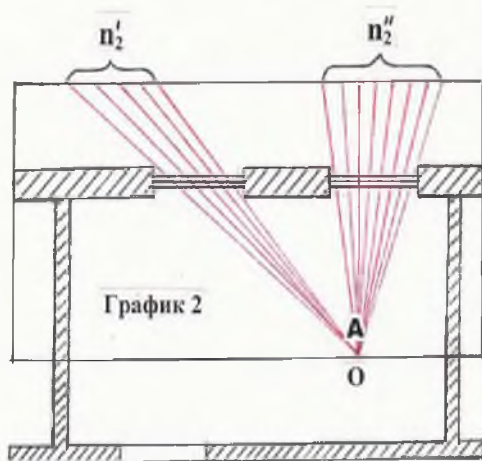
2.3 Определение расчетных коэффициентов естественного освещения

1. Определить КЕО для тех же 5 точек по графоаналитическому методу А.М. Данилюка.

а) Найти число лучей графика (n_1), проходящих через светопроем по высоте в каждой из исследуемых точек помещения. Для этого, выполненный в масштабе 1:50 на кальке (плексиглазе) поперечный разрез помещения наложить на график 1 (см. рис.4, а). При наложении необходимо последовательно совмещать каждую исследуемую точку, с полюсом графика, точкой 0. Основание графика совмещают с плоскостью рабочей поверхности (в наше случае на уровне столешниц столов), как это показано на рисунке и подсчитывают число лучей графика (n_1), захватываемых светопроемом по высоте в каждой исследуемой точке. За луч принимается промежуток между смежными линиями графика. Полученные значения n_1 занести в протокол измерений.



а



б

Рис 4.Схема для расчета естественного освещения по методу А. М. Данилюка: а – подсчет лучей по высоте проема; б – подсчет лучей по ширине проема

б) Выполненный на кальке (плексигласе) план помещения накладывают на график 2, рис.4б. Полнос графика последовательно совмещают с каждой из исследуемых точек и подсчитывают число лучей, которые захватывают по ширине все светопроемы (в качестве примера на рисунке показана схема подсчета лучей для помещения с двумя световыми проемами). Сумма лучей видимых из расчетной точки составит величину n_2 . При четырех окнах лаборатории

$$n_2 = n_2' + n_2'' + n_2''' + n_2''''$$

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

где – 0,01 – цена луча, %;

n_1 – число лучей проходящих через проем по высоте;

n_2 – сумма лучей, проходящих по ширине всех световых проемов;

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. Установить, соответствуют ли расчетные значения КЕО между точками Д и Е (наиболее неблагоприятное место) нормативному значению для бокового освещения. Если не соответствуют, то наметить мероприятия по приведению расчетных значений КЕО в соответствие с нормативными значениями.

3. Построить график (рис.4), где одна кривая $e_{\text{расч}}$ характеризует изменение расчетных значений КЕО в зависимости от расстояния каждой точки от светопроема, а вторая e_3 – изменение найденных экспериментальных 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).

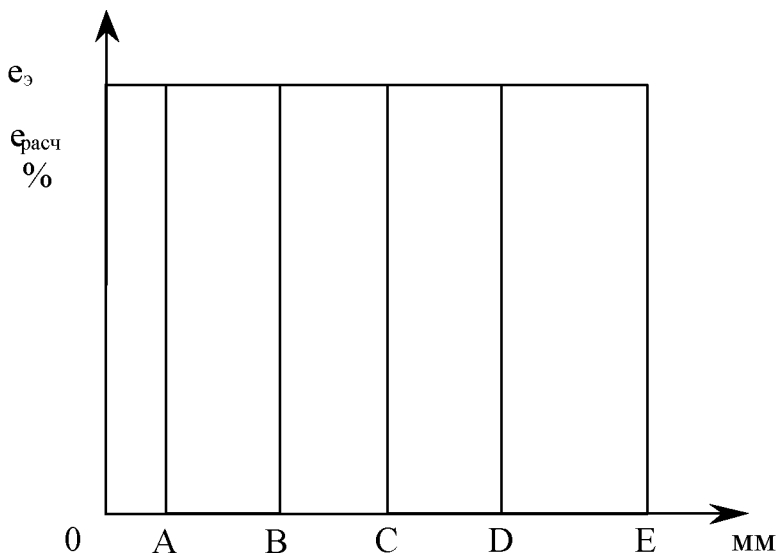


Рис.3. Графики экспериментального и расчетного коэффициентов естественного освещения

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

а) строительная высота светопроемов – 2,05м;

б) строительная ширина окон – 1,75м (4 окна);

в) длина и ширина помещения 11,65х5,5м;

г) площадь остекления будет меньше строительной площади светопроемов из-за наличия переплетов, для чего общую площадь пустых светопроемов нужно умножить на коэффициент 0,75.

По таблице в зависимости от установленного ранее разряда помещения по условиям зрительной работы проверить, соответствует ли норме отношение площади светопроемов к площади пола.

Если не соответствует, то указать меры для увеличения освещенности естественным светом.

5. Подготовить отчет по выполненной работе.

В отчет помещают протокол, см. таблицу 5, графики e_z и $e_{расч}$, результаты расчета отношений площади окон к площади пола, $S_o/S_{п}$, а также выводы по проделанной работе.

Протокол

Таблица 5

Показатели		Точки				
		А	Б	С	Д	Е
Освещенность в расчетных точках внутри помещения $E_{вн-лк}$						
КЕО, полученный экспериментальным путем $e_3 = (E_x / E_0) * 3.5\%$				3,5		
Число лучей	n_1					
	n_2					
КЕО, полученный расчетным путем $e_{расч.} \%$						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите качественные и количественные характеристики освещения
2. Что такое световой поток и в каких единицах он измеряется?
3. Что такое освещенность? Единицы ее измерения.
4. Как определяется контраст?
5. Дайте определение фона.
6. От чего зависит естественная освещенность в помещениях?
7. Что такое коэффициент естественного освещения, как он нормируется для помещений с боковым и комбинированным освещением?
8. Как работает люксметр Ю116?
9. Как подсчитать число лучей по графикам А.М. Данилюка?
10. Как определить расчетный коэффициент естественного освещения в данной точке помещения?
11. Может ли построенная экспериментальная кривая КЕО отличаться от расчетной кривой на том же графике и почему?
12. Как можно повысить уровень естественного освещения в помещении?
13. Почему в формуле Данилюка поставлен коэффициент 0,01?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строительные нормы и правила. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 1995.
2. Хван, Т.А. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов. – Ростов н/Д: Феникс, 2000.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретическая часть	3
1.1 Основные характеристики освещения	4
1.2 Нормирование естественного освещения	6
1.3 Расчет коэффициента естественного освещения по методу А.М. Данилюка	11
1.4 Расчет естественного освещения	12
2. Выполнение работы.....	13
2.1 Описание прибора для измерения освещенности	13
2.2 Экспериментальное определение коэффициентов естественного освещения.....	14
2.3 Определение расчетных коэффициентов естественного освещения.....	15
Контрольные вопросы	21
Список использованных источников	22

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ
ПОМЕЩЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫМ
СВЕТОМ

Методические указания

Составители : *Ольга Александровна Сенина*
Александр Владимирович Ивлиев

Редактор О. С. Бабаченко
Компьютерная верстка О. С. Бабаченко

Подписано в печать 27. 05. 2008 г.

Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,75. Тираж 100 экз.

Заказ Арт. 79/2008

Самарский государственный аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34