

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МЕТРОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОХРАНА ТРУДА»

НА ТЕМУ

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ
ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
И РАБОЧИХ МЕСТ»**

Составитель: к.т.н., доцент О.В. Крайнюк

ХАРЬКОВ 2016

Влияние освещения на здоровье человека и его производительность

Около 90% всей информации, которую получает человек, приходится на органы зрения. Организация освещенности рабочих мест играет большую роль в жизни человека. Недостаточное и нерациональное освещение ведет к утомлению глаз, расстройству центральной нервной системы, снижению умственной и физической работоспособности, а в ряде случаев может быть причиной травматизма (около 5% травм происходит из-за нерационального и недостаточного освещения). При недостаточной или быстро меняющейся освещенности органам зрения приходится приспосабливаться, это возможно благодаря свойствам глаз – аккомодации, адаптации и конвергенции.

Аккомодация – это способность глаз приспосабливаться к ясному видению предметов, находящихся от него на различных расстояниях. Это происходит при изменении фокусного расстояния хрусталика за счет напряжения мускул. Если такое изменение расстояния будет происходить часто, то это может привести к изменению формы глазного яблока.

Адаптация – это привыкание глаз к определенному уровню освещенности при изменении условий освещения. Происходит это за счет изменения отверстия в радужной оболочке глаз, то есть за счет напряжения радужных мускул.

Конвергенция – способность глаз при рассмотрении близких предметов принимать положение, при котором зрительные оси обоих глаз пересекаются на сфокусированном предмете.

Для создания оптимальных условий зрительной работы следует количество и качество освещения связывать с цветовым окружением. Так, если интерьер окрашен в темные цвета, то для создания хорошей освещенности необходимо использовать более мощные источники света, поскольку темные поверхности поглощают значительную часть светового потока и создают контрастные светотени, утомляют глаза. Причиной усталости может служить также избыточная яркость поверхностей конструкций. Блестящие поверхности создают световые блики, которые вызывают временное ослепление. Неравномерность освещения и разная яркость окружающих предметов приводят к частой переадаптации глаз во время работы и вследствие этого – к быстрому утомлению органов зрения. Поэтому хорошо освещенные поверхности, которые находятся в кругу зрения, лучше закрашивать в цвета средней освещенности.

Характеристики освещения

К основным **количественным** показателям принадлежат: *световой поток, сила света, яркость и освещенность*.

Световой поток (Φ) – это мощность светового видимого излучения, которая оценивается глазом человека по световым ощущениям.

Единицей светового потока является *люмен*, (лм).

Освещенность (E) – отношение светового потока (Φ), падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента (S):

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

За единицу освещенности принят *люкс* (лк).

Сила света источника I называется отношение светового потока $\Delta\Phi$ к телесному углу $\Delta\Omega$, в котором этот световой поток распространяется: $I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}$.

Телесный угол $\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2}$ – площадь сферического сегмента, на который опирается данный угол, r – его радиус. (Единица измерения – стерадиан – ср). В системе СИ сила света является основной (эталонной). То есть в качестве единицы принята сила света эталонного источника, которая называется кандела – кд. Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $5,4 \cdot 10^{14}$ Гц (≈ 500 нм), мощность излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ (Вт/ср).

Яркость L – отношение светового потока с поверхности ΔS в заданном направлении α к нормали этой поверхности внутри телесного угла Ω к произведению площади видимой поверхности $\Delta S \cos \alpha$ на телесный угол: $L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S \cdot \cos \alpha \cdot \Omega} = \frac{I}{\Delta S \cdot \cos \alpha}$. Единица яркости – кд/м².

К основным **качественным** показателям зрительных условий работы можно отнести: *фон, контраст между объектом и фоном, видимость*.

Основные требования к производственному освещению

1. Создание на рабочей поверхности освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.
2. Обеспечение достаточной равномерности и постоянного уровня освещенности в производственных помещениях, во избежании частой переадаптации органов зрения.
3. Отсутствие ослепляющего действия, как от самих источников освещения, так и от других предметов, находящихся в поле зрения.
4. Отсутствие на рабочей поверхности резких и глубоких теней (особенно подвижных).

5. Обеспечение достаточного для различия деталей контраста освещаемых поверхностей.
6. Отсутствие опасных и вредных производственных факторов (шум, тепловые излучения, опасность поражения током, пожаро- и взрывоопасность светильников).
7. Надежность и простота в эксплуатации, экономичность и эстетичность.

Классификация производственного освещения

Согласно ДБН В.2.5-28-2006 «ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ» освещение подразделяется на *естественное, искусственное и совмещенное* (рис. 1).

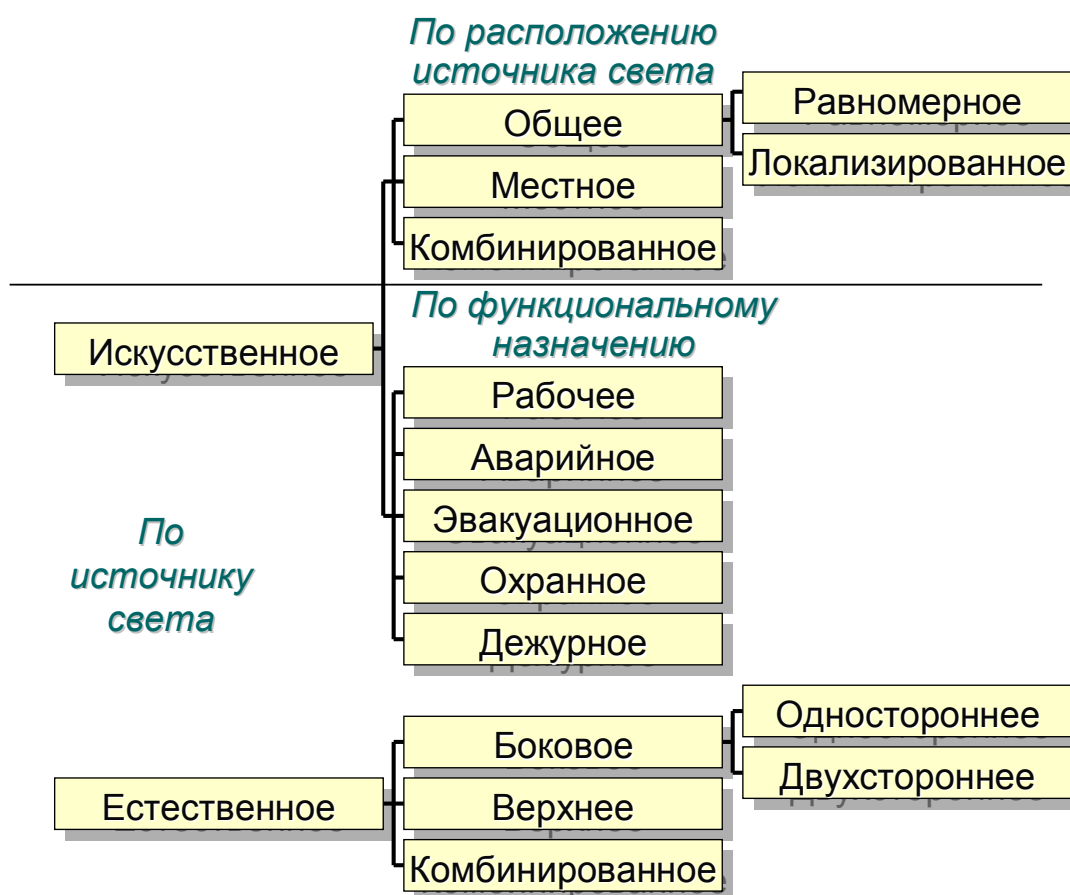


Рисунок 1 – Виды производственного освещения

РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И РАБОЧИХ МЕСТ

Цель работы - ознакомиться с нормированием и определением характеристик естественного освещения производственных помещений, методикой расчета естественного освещения рабочих мест, приобрести навыки использования люксметра.

Задачи лабораторной работы

1. Ознакомление с влиянием естественного освещения на безопасность труда и снижение травматизма.
2. Изучение принципов нормирования естественного освещения.
3. Изучение методов расчета естественного освещения в производственных помещениях.
4. Ознакомление с прибором для измерения характеристик освещенности на рабочем месте.

Важным вопросом охраны труда является организация рационального освещения производственных помещений и рабочих мест. Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную деятельность, что оказывает положительное воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Преимущество естественного освещения перед искусственным в том, что человеческий глаз приспособлен к спектру естественного света, диффузность светового потока позволяет не создавать тени от предметов, естественный свет лучше как для здоровья, так и с экономической точки зрения – не расходуется электроэнергия.

Естественное освещение подразделяется на:

- **Боковое** (одно- или двустороннее), осуществляется через световые проемы (окна) в наружных стенах;
- **Верхнее** - осуществляемое через фонари и отверстия в крышах и перекрытиях;
- **Комбинированное** - сочетание верхнего и бокового освещения.

На уровень освещенности помещения при естественном освещении влияют следующие факторы: световой климат, площадь и ориентация световых проемов, степень чистоты стекла в световых проемах, окраски стен и потолка помещения; глубина помещения, наличие предметов, заслоняющих окно как изнутри так и снаружи помещения.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая в помещении освещенность изменяется в чрезвычайно широких пределах. Эти изменения обуславливаются временем года, а также метеорологическими факторами. Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным значением освещенности невозможно.

В качестве нормируемой величины естественного освещения используется относительная величина – **коэффициент естественной освещенности КЕО (Е%)**, т.е. отношение естественной освещенности в заданной плоскости внутри помещения E_v к одновременному значению наружной освещенности E_n при открытом небосводе:

$$E = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Естественную освещенность внутри помещения E_v и наружную освещенность E_n определяют с помощью люксметра. КЕО (Е, %) зависит от расстояния от световых проемов до рабочего места (рис. 2).

Нормированное значение КЕО (e_N), для зданий, расположенных в различных районах, следует определять по формуле:

$$e_N = e_n \cdot m_N \quad (3)$$

где e_n - значение КЕО по таблице 1;

m - коэффициент светового климата по таблице 2;

N - номер группы обеспеченности естественным светом по таблице 4.

Полученные по формуле (3) значения следует округлять до десятых долей.

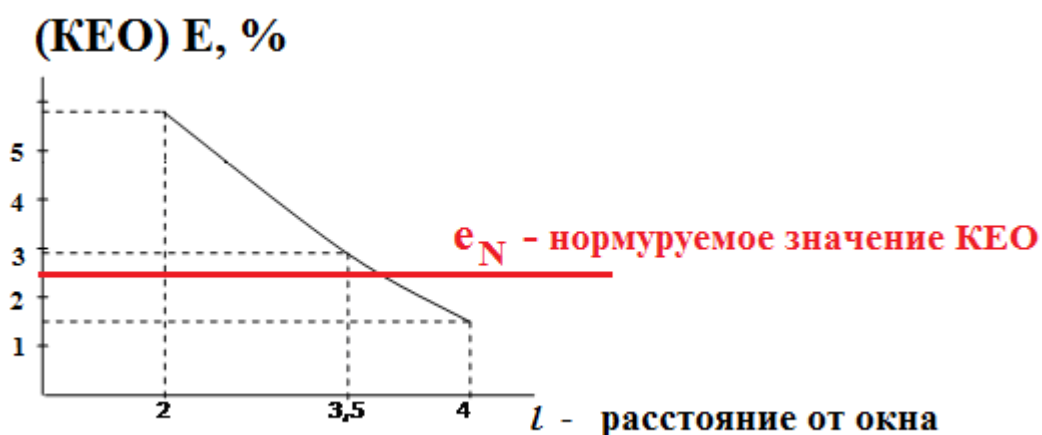


Рисунок 2 – Зависимость КЕО от расстояния от светового проёма (окна)

Таблица 1 – Нормы искусственного и естественного освещения производственных помещений (ДБН В. 2.5-28-2006, см. таблицы 1 и 2)

Характеристика зрительных работ	Наименьший размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Под-разряд зрительной работы	Искусственное освещение	Естественное освещение
				Освещенность, лк	КЕО, %
				Общее освещение	Боковое освещение
Средней точности	0,5-1	IV	а	300	1,5
			б	200	
			в	200	
			г	150	
Малой точности	1-5	V	а	200	1,0
			б	150	
			в	150	
			г	100	
Грубая	Больше 5	VI	–	150	0,5

Таблица 2 – Значение коэффициента светового климата (ДБН В. 2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение», см. таблицу 4)

Световые проёмы	Ориентация световых проёмов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, <i>m</i>	
		Автономна республика Крым, Одесская обл.	Остальная территория Украины
Во внешних стенах здания	С	0,85	0,90
	СВ, СЗ	0,85	0,90
	З, В	0,80	0,85
	ЮВ, ЮЗ	0,80	0,85
	Ю	0,75	0,85
Примечание: С - север; СВ – северо-восток; СЗ – северо-запад; В – восток; З – запад; Ю – юг; ЮВ – юго-восток; ЮЗ – юго-запад			

Расчет естественного освещения при боковом освещении сводится к определению необходимой суммарной площади окон, м²:

$$S_0 = \frac{S_{\text{п}} \cdot e_N K_3 \eta_o}{100 \tau_o r_1} K_{3\text{д}} \quad (4)$$

где $S_{\text{п}}$ – площадь помещения, м²;

e_N – нормированное значение КЕО;

K_3 – коэффициент запаса, принимается 1,3...2,0 (зависит от количества чисток стекол в год; при наименьшем количестве чисток стекол рекомендуется выбирать наибольший коэффициент);

$K_{3\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон соседними зданиями ($K=1,0-1,7$);

η_o – световая характеристика окон (табл. 3);

τ_o – общий коэффициент светопропускания

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (5)$$

де τ_1 – коэффициент светопропускания материала (по табл. 4);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в оконной раме (табл. 4);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света от несущих конструкциях (при боковом освещении $\tau_3=1$; при верхнем – $\tau_3=0,8...0,9$);

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света от солнцезащитных приспособлений (табл. 4);

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, которая устанавливается под фонарями, принимается равным 0,9;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения;

Значение коэффициента r_1 определяют по таблице 6 в зависимости от параметров помещения $\rho_{\text{ср}}$.

Средний коэффициент отражения $\rho_{\text{ср}}$ потолка, стен и пола определяют по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{стен}} S_{\text{стен}} + \rho_{\text{пол}} S_{\text{пол}} + \rho_{\text{потолок}} S_{\text{потолок}}}{S_{\text{стен}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{потолок}}} \quad (6)$$

$\rho_{\text{потолок}}$, $\rho_{\text{стен}}$, $\rho_{\text{пол}}$ – соответствующие коэффициенты отражения (табл. 5);

$S_{\text{потолок}}$, $S_{\text{стен}}$, $S_{\text{пол}}$ – соответствующие площади поверхностей.

Таблица 3 – Световая характеристика окна η_0 при боковом освещении

Отношения длины помещения к его глубине	Отношение глубины помещений к возвышению верхнего края окна над горизонтальной рабочей плоскостью							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и больше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—

Таблица 4 – Значение коэффициентов τ_1 , τ_2 , τ_4

Вид свето- пропускающего материала	Значение τ_1	Вид оконной рамы	Значение τ_2	Солнцезащитные приспособления	Значение τ_4
Стекло оконное листовое:		Оконные рамы для промышленный зданий		Регулируемые жалюзи и шторы	1
одинарное	0,9				
двойное	0,8				
тройное	0,75	а) деревянные:		Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45°:	
Стекло листовое:		одинарные	0,75		
армированное	0,6	спаренные	0,7		
с рисунками	0,65	Двойные отдельные	0,6		
солнцезащитное	0,65	б) металлические:		- горизонтальные	0,65
контрастное	0,75	одинарные (открываются)		- вертикальные	0,75
Оргстекло:			0,75	Горизонтальные козырьки:	
прозрачное	0,9	одинарные (глухие)	0,9		
молочное	0,6	двойные (открываются)	0,6	- с защитным углом не более 30°	0,8
Пустотелые стеклянные блоки:					
свето рассеивающие	0,5	Двойные (глухие)	0,8	- с защитным углом от 15 до 45°	0,6-0,9
прозрачные	0,55				
Стеклопакеты	0,8				

Таблица 5 – Ориентировочные значения коэффициентов отражения потолка ($\rho_{\text{потолок}}$) и стен ($\rho_{\text{стен}}$)

Потолок	$\rho_{\text{потолок}}, \%$	Стены	$\rho_{\text{стен}}, \%$
Свежепобеленный	80–65	Свежепобеленные с окнами с белыми шторами	75–65
Побеленный в серых помещениях	65–40		
Бетонный чистый	55–45	Свежепобеленные с окнами без штор	55–45
Бетонный грязный	35–25		
Светлый деревянный	60–45	Бетонные с окнами	35–25
		Оклеенные светлыми обоями	40–25
Темный деревянный	30–25	Оклеены темными обоями	15–5
Грязный	20–10	Кирпичные не штукатуренные	15–10

Таблица 6 – Значение коэффициента r_l

Отношения глубины помещения (В) к высоте от уровня условной рабочей поверхности до h_1 верха окна B/h	Отношения расстояния расчетной точки l от наружной стены к глубине помещения B l/B	Значение r при боковом освещении								
		Средний коэффициент отражения ρ_{cp} потолка, стен, пола								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения L к его глубине B								
		0,5	1	$2 i >$	0,5	1	$2 i >$	0,5	1	$2 i >$
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
> 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
> 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7
> 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5

Примечание: В – глубина помещения; h – высота от уровня условной рабочей поверхности до верхнего края окна; l – расстояние расчетной точки (точка, которая находится на расстоянии 1 м от стены, расположенной напротив стены с окнами) до внешней стены.

Приборы и оборудование

Люксметр Ю-116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами и естественным светом, источники которого расположены произвольно от приемника люксметра (рис. 3).

Для подготовки прибора к измерению его измеритель устанавливают в горизонтальное положение. Проверяют, находится ли стрелка прибора на нуле. В случае необходимости с помощью корректора устанавливают стрелку прибора на нулевое деление шкалы.

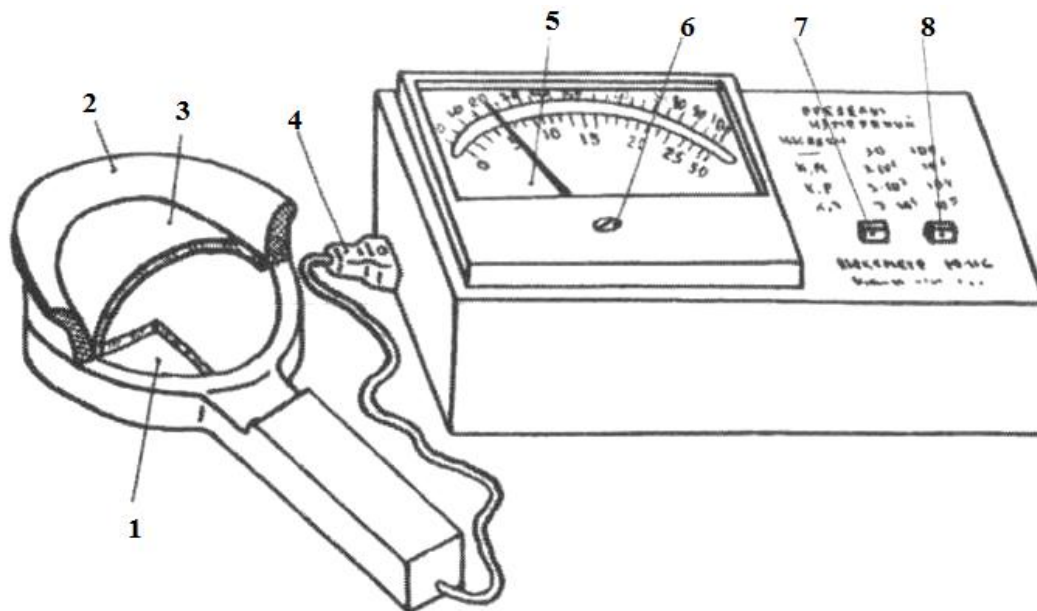


Рисунок 3 – Люксметр Ю-116:

1 – фотоэлемент; 2 - насадка светопоглощающая корректирующая; 3 - насадка корректирующая; 4 - разъем соединительный; 5 - шкала; 6 - винт корректировки положения стрелки; 7 - включатель диапазонов нижней шкалы; 8 – включатель диапазонов верхней шкалы.

Порядок отсчета значения измеряемой освещенности следующий. Против нажатой кнопки определяют выбранное с помощью насадок (или без насадок) наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 10, пользуются для отсчета показаний шкалой 0-100; при нажатой левой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 30, – шкалой 0-30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент ослабления, зависящий от применяемых насадок.

Для получения правильных показаний Ю-116 фотоэлемент оберегают от излишней освещенности, не соответствующей выбранным насадкам. Поэтому, если величина измеряемой освещенности неизвестна, измерения начинают с установки на фотоэлемент насадок.

Как правило, при определении освещенности фотоэлемент устанавливают горизонтально на рабочих местах, а отсчет по измерителю, также

расположенному горизонтально, проводят на некотором расстоянии от фотоэлемента, чтобы тень от производящего измерения не попала на фотоэлемент.

При окончании измерения:

- отсоединяют элемент от измерителя люксметра;
- устанавливают на фотоэлемент насадку Т;
- укладывают фотоэлемент в крышку футляра.

Порядок выполнения работы

I. Экспериментальное определение КЕО для расчетных точек

1. Ознакомьтесь с теоретической частью и составьте конспект.
2. Ознакомьтесь с устройством люксметра Ю-116.
3. Измерьте освещенность в помещении лаборатории на расстоянии 0, 1, 2, 3, 4, 5 м от окна. Данные занесите в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты измерения КЕО

Год, месяц, час, минута замеров	Состояние погоды	№ точек помещения	Освещенность, лк		КЕО, %	
			Внутри помещения, E_v	снаружи здания, E_n	Фактический (по формуле 2)	Нормированный (по формуле 3)
		0				
		1				
		2				
		3				
		4				
		5				

4. Измерьте наружную освещенность здания. Данные занесите в таблицу.

5. Для каждой точки следует определить фактическое значение КЕО по формуле (2).

6. По полученным данным постройте график, отражающий зависимость величины КЕО от расстояния до светового проема (рис. 2).

7. Определите нормируемое значение КЕО по формуле (3).

8. Отметьте на графике нормируемое значение КЕО.

9. Определите КЕО наиболее удаленной точки от светового проёма. Определите, можно ли проводить в самой удаленной точке данную лабораторную работу по условиям естественного освещения. В качестве минимального объекта различения следует принять толщину букв 0,15...0,3 мм. Определите разряд зрительно работы, которую можно выполнять в самой удаленной от окна точке. Сравните экспериментальные данные и нормируемое значение КЕО. Сделайте вывод.

II. Расчет необходимой площади окон

10. Определите суммарную необходимую площадь окон по формуле (4).
11. Рассчитайте площадь окон в лаборатории и сравните это значение с суммарной необходимой площадью окон.
12. Сделайте вывод.

Задача 1 (для студентов, обучающихся по индивидуальному плану). Рассчитать боковое одностороннее естественное освещение (площадь окон) для производственного участка предприятия АТП. Высота здания $H = 3,2$ м, высота рабочей поверхности $h_p = 0,9$ м; $\rho_{потолка} = 70\%$, $\rho_{стен} = 50\%$, $\rho_{пола} = 30\%$; окна имеют следующие характеристики: стекло двойное, оконные рамы – деревянные спаренные, солнцезащитные устройства – стационарные горизонтальные жалюзи. Здание находится в городе Харькове (окна направлены на запад). Затемнение окон соседними зданиями отсутствует. Необходимые исходные данные приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Исходные данные к задаче 1

вариант	Данные для расчета										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размер объекта различения, мм	5	8	1	7	5	9	4	9	3	6	8
Размер помещения, м	20•10	30•10	40•10	20•20	15•10	20•10	10•10	30•10	50•15	35•10	25•10

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое освещенность?
2. Как классифицируется естественное освещение?
3. Дайте определение понятию «коэффициент естественного освещения». Почему для оценки естественной освещенности используют КЕО? От чего он зависит?
4. Как нормируется естественная освещенность на рабочих местах?
5. В чем заключается расчет естественного освещения? Какие данные для этого необходимы?
6. Какими приборами измеряется освещенность?

РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И РАБОЧИХ МЕСТ

Цель работы - ознакомиться с нормированием и определением характеристик искусственного освещения производственных помещений, с расчет искусственного освещения методом светового потока.

Задачи лабораторной работы

1. Изучение основных характеристик искусственного освещения и их влияния на безопасность труда и снижение производственного травматизма.
2. Изучение нормирования искусственного освещения на рабочих местах.
3. Изучение методов расчета искусственного освещения на рабочих местах.
4. Расчет общего искусственного освещения методом светового потока.

Искусственное освещение бывает общим, местным и комбинированным (рис. 1).

По функциональному назначению выделяют такие виды освещения:

Рабочее освещение – создает необходимые условия для работы, устраивают во всех помещениях, местах прохода людей, движения транспорта.

Аварийное освещение – предусматривается на случай внезапного отключения рабочего освещения (при аварии).

- а) в помещениях с постоянной работой персонала при опасности возникновения травматизма.
- б) с числом работающих больше 50 человек.
- в) в непромышленных помещениях – больше 100 человек.
- г) во всех детских учреждениях.
- д) в медицинских учреждениях: кабинеты неотложной помощи, операционные.
- е) на лестницах жилых домов выше 5 этажей.

Эвакуационное освещение устраивается в местах, опасных для прохода, по путям эвакуации людей из зданий – в коридорах, на лестничных площадках при аварийном отключении рабочего освещения.

Охранное освещение – предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время.

Дежурное освещение – освещение в нерабочее время.

Физиолого-гигиенические факторы

Общая оценка эффективности освещения производственных помещений по интегральным показателям работы и качеству выпускаемой продукции представлена на рис. 4. С увеличением освещенности E рабочего помещения от 30 до 1000 Лк рост производительности труда (ПТ) составляет 10% (кривая 1), утомляемость (УТ) снижается приблизительно на 2% (кривая 2), в то время как количество допускаемых ошибок (ОД) при выполнении работы уменьшается более чем в 10 раз (кривая 3).

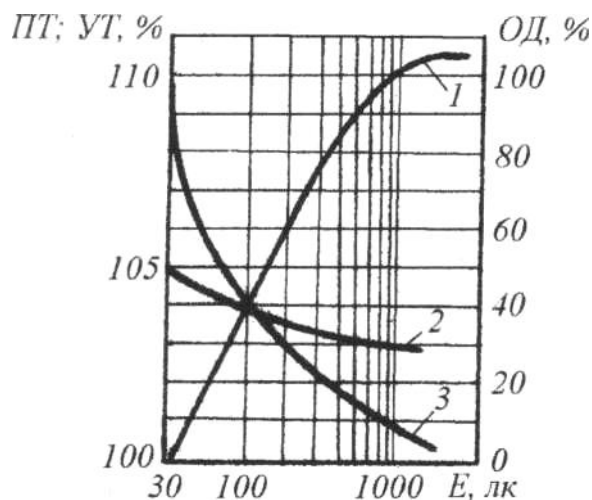


Рисунок 4 – Влияние освещенности на интегральные показатели работы [9]

Однако следует помнить, что излишняя яркость может вызывать временное ослепление, резь в глазах и головную боль, т.е. может являться причиной потери трудоспособности.

Методы расчета искусственного освещения

Задачей расчета является определение необходимой мощности электрической осветительной установки для создания в помещении заданной освещенности. При этом предполагают заданными: форма и геометрические размеры помещения; отражательные способности внутренних поверхностей; разряд зрительных работ, проводимых в помещении; расположение и габариты оборудования.

Для расчета искусственного освещения используют в основном три метода: метод светового потока лампы, точечный метод и метод удельной мощности.

Точечный метод применяют в основном для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей и для проверки расчета равномерного общего освещения, когда отраженным световым потоком можно пренебречь. На практике точечный метод расчета применяют при проектировании общего равномерного освещения помещений, если требуется оценить

освещенность в конкретных точках.

Расчет освещенности в заданной точке от точечного источника света на плоскости, произвольно ориентируемой в пространстве, осуществляется по выражению

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^2 \alpha}{H_p^2 k} \left(\cos \theta + \operatorname{sign} \frac{P}{H_p} \sin \theta \right) \quad (7)$$

где I_{α} – сила света по направлению к расчетной точке, *кд*;

α – угол между нормалью рабочей поверхности и направлением светового потока от источника света, *град.*;

H_p – высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через расчетную точку, *м*;

k – коэффициент запаса лампы;

P – кратчайшее расстояние от проекции оси симметрии светильника на горизонтальную плоскость до следа пересечения последней с расчетной плоскостью, *м*;

θ – угол наклона расчетной плоскости к горизонту, *град.*

В случае определения освещенности в горизонтальной и вертикальной плоскостях выражение (7) примет вид:

для горизонтальной плоскости

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{H_p^2 k} \quad (8)$$

для вертикальной плоскости

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{H_p k} \quad (9)$$

Данные о распределении силы света приводятся в светотехнических справочниках.

При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

Метод удельной мощности является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому его применяют только при ориентировочных расчетах.

Метод позволяет определить мощность каждой лампы $W_{л}$ в осветительной установке, необходимую для создания нормируемой

освещенности:

$$W_{\text{л}} = \frac{wS}{n} \quad (10)$$

где w – удельная мощность (отношение мощности осветительной установки к площади помещения), $\text{Вт}/\text{м}^2$ – выбирается по светотехническим таблицам в зависимости от уровня освещенности, площади помещения, типа светильника и высоты его подвеса, типа и мощности ламп;

S – площадь помещения, м^2 ;

n – число ламп в осветительной установке.

Метод светового потока, именуемый иногда методом коэффициента использования, обычно используют для определения общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности, так как при расчете данным методом оценка минимальной освещенности без конкретизации точек с такой освещенностью весьма приближительна.

Порядок расчета искусственного освещения методом светового потока

При выполнении расчетной части лабораторной работы будем использовать метод светового потока:

1. *Определяют высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью по выражению:*

$$H_p = H - h_p - 0,5 \quad (11)$$

где H – высота помещения, м;

h_p – высота расположения рабочей поверхности от уровня пола, м.

2. *Определяют индекс (показатель) помещения по выражению:*

$$i = \frac{ab}{H_p(a+b)} \quad (12)$$

где a и b – соответственно длина и ширина помещения, м;

H_p – высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью, м.

3. Определяют необходимый расчетный световой поток F , лк, лампы по формуле:

$$F_{pl} = \frac{E_n Skz}{nN\eta} \quad (13)$$

где S – площадь освещаемого помещения, м²;

E_n – нормируемая освещенность на рабочем месте в зависимости от условий работы – точности, размера объекта и фона (табл. 9)

Таблица 9 – Нормы искусственной освещенности, лк

Характеристика зрительной работы	Размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Освещенность	
				при комбинированном	При общем освещении
Наивысшей точности	менее 0,15	I	от a до z	5000-1500	1500-400
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,3	II	то же	4000-1000	1250-300
Высокой точности	от 0,3 до 0,5	III	то же	2000-400	5000-200
Средней точности	свыше 0,5 до 1	IV	то же	750-300	300-150
Малой точности	свыше 1 до 5	V	то же	300-200	200-100
Грубая	более 5	VI	то же	-	150
Работа в горячих цехах	более 0,5	VII	то же		200
Общее наблюдение за технологическим процессом	-	VIII	то же	-	75-30

Разряд зрительной работы устанавливают в зависимости от отношения диаметра различаемого объекта к расстоянию до глаза работающего (более 0,5 м).

Освещенность производственных участков при комбинированном и общем освещении соответственно составляет: мойка машин – 100...150; обслуживание техническое – 200...300; ремонт аккумуляторов – 200...500.

Общая освещенность, лк, рабочих поверхностей для помещений (рекомендуемая ДБН В.2.5-28-2006) следующая: кабинеты, аудитории, лаборатории – 400; кабинет технического черчения (на рабочих столах) – 500; актовые залы – 200; гардеробные – 100...150; коридоры и проходы – 50...75; санузлы – 75.

z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещенности (принимают 1,1...1,3);

k – коэффициент запаса снижения освещенности в связи со старением ламп и загрязнением светильников (принимают для ламп накаливания – 1,3...1,6; для люминесцентных ламп – 1,5...1,8);

N – число светильников, n – число ламп в светильнике.

Выбирают необходимое число светильников для обеспечения равномерного освещения. На плане помещения (участка, цеха, лаборатории) в масштабе указывают распределение светильников (рядами, в шахматном порядке). Равномерное освещение обеспечивается, если отношение расстояния L между центрами светильников к высоте H их подвеса над рабочей поверхностью составляет для светильников с лампами накаливания 1,4...2, а с люминесцентными – 1,4...1,5.

Из плана распределения светильников определяют количество светильников N .

η – коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой светораспределения светильников, показателя помещений i (определенного по формуле 12), коэффициентов отражения стен $\rho_{ст}$ и потолка $\rho_{п}$ (табл. 10).

По расчетному световому потоку лампы $F_{рп}$ с помощью табл. 11 подбирают ближайшую стандартную лампу.

Лампу подбирают так, чтобы выполнялось условие: $0,9F_{рл} \leq F_{л} \leq 1,2F_{рл}$. В практике допускается отклонение светового потока $F_{л}$ выбранной лампы от расчетного $F_{рл}$ до -10% и $+20\%$. В противном случае выбирают другое расположение светильников, изменив их количество подбирают другие лампы.

Таблица 10 – Коэффициенты использования
светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип	ОД (общего освещения диффузный)					ОДР И ИВЛ-6 (общего освещения диффузный с экранирующей решеткой)					ОДО (общего освещения диффузный с отверстиями в верхней части отражателя)					ОДОР (общего освещения диффузный с отверстиями в верхней части отражателя и с экранирующей решеткой)				
	Р _{потол}	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30
Р _{стен}	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
Р _{пол}	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
Коэффициенты использования, %																				
0,5	31	30	25	20	20	29	28	24	21	19	82	72	65	52	75	66	58	53	47	45
0,6	36	31	29	25	24	33	32	27	24	23	30	29	21	19	16	28	26	20	17	15
0,7	40	38	33	29	28	37	35	30	27	26	34	32	26	22	20	32	30	24	20	18
0,8	44	42	36	33	31	40	38	33	29	29	38	36	29	25	23	36	34	28	23	21
0,9	47	45	39	35	34	43	41	36	32	32	41	40	33	28	26	39	37	31	26	33
1,0	50	47	42	38	36	46	44	38	34	34	44	42	36	31	28	42	40	33	28	25
1,1	53	50	44	40	39	48	48	41	36	36	47	46	38	33	30	45	42	35	30	27
1,25	57	53	48	43	42	51	48	44	39	39	50	48	41	36	32	47	45	37	33	29
1,56	61	57	52	47	46	55	52	47	43	42	53	51	44	38	35	51	48	40	35	31
1,75	65	66	54	51	49	59	54	50	46	45	59	54	48	42	38	55	51	43	38	34
2,0	68	62	57	54	52	62	56	52	49	47	64	59	51	45	40	58	54	46	41	36
2,25	70	64	59	58	54	64	58	54	51	49	67	61	53	47	42	61	56	48	43	38
2,5	72	65	60	57	56	66	60	55	52	51	70	63	55	49	44	63	58	50	45	40
3,0	75	67	63	60	58	69	62	58	55	53	72	65	56	50	45	65	59	51	46	41
3,5	78	69	65	62	60	71	63	59	57	55	75	67	59	53	48	68	61	53	48	47
4,0	80	70	66	64	62	72	64	61	58	56	77	69	61	55	49	70	63	55	50	44
5,0	82	72	69	66	64	75	65	62	60	58	79	70	62	56	50	72	64	56	51	40

4. Рассчитывают освещенность E на рабочем месте:

$$E = E_H \frac{F_{\lambda}}{F_{\text{пл}}} \quad (14)$$

где F_{λ} – световой поток выбранной (по табл. 11) лампы, лм

где $F_{\text{пл}}$ – расчетный световой поток лампы (по формуле 13), лм

5. Распределение светильников в помещении представляют в виде схемы выполненной в масштабе.

6. Вывод.

Таблица 11 – Световые и электрические параметры
ламп накаливания и люминесцентных ламп

Лампы накаливания			Люминесцентные лампы		
тип	световой поток, $F_{л}$ лм	световая отдача, лм/Вт	тип лампы	световой поток, $F_{л}$ лм	световая отдача, лм/Вт
В-15	105	7	ЛДС-20	820	41
В-25	220	8,8	ЛД-20	920	46
Г-40	400	10	ЛБ-20	1180	59
ГК-40	460	11,5	ЛДС-30	1450	48,2
Г-60	715	11,9	ЛД-30	1640	54,5
ВК-100	1145	14,5	ЛБ-30	2100	70,5
Г-150	2000	13,3	ЛДС-40	2100	52,5
Г-200	2800	14	ЛД-40	2340	58,5
Г-300	4600	15,4	ЛБ-40	3000	75
Г-500	8300	16,6	ЛДС-80	3560	44,5
Г-750	13100	17,5	ЛД-80	4070	50,8
Г-1000	18600	18,6	ЛД-80	5220	65,3

Задача 2. (для студентов, обучающихся по индивидуальному плану). Рассчитать систему общего равномерного освещения для помещения АТП, если помещение имеет светлую побелку: коэффициент отражения $\rho_{потолок} = 70\%$, $\rho_{стен} = 50\%$, $\rho_{пол} = 30\%$; высота помещения $H = 3,2$ м; высота рабочих поверхностей (столов) $h_p = 0,9$ м; расстояние от светильника до потолка $h_c = 0,5$ м (для светильников с лампами накаливания). Лампы для светильников по техническим характеристикам выбрать самостоятельно (исходя из рассчитанного значения светового потока одной лампы). Исходные данные взять из таблицы 12. Начертить схему размещения светильников в помещении.

Таблица 12 – исходные данные к задаче 2

Вариант	Данные для расчета										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разряд и подразряд работ	IV б	IV б	V а	IV в	V б	V в	IV г	V г	IV г	VI	IV б
Размер помещения	20•10	12•5	14•10	15•10	16•10	14•15	10•10	15•10	20•10	15•5	20•15

Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируется искусственное освещение?
2. Как нормируется искусственное освещение?
3. Каковы методы расчета искусственного освещения?
4. Как производится расчет искусственного освещения по методу использования коэффициента светового потока?
5. В каких единицах измеряют естественную и искусственную освещенности?
6. Какие методы используют для расчета искусственной освещенности?

Список рекомендуемой литературы

1. Бортницкий С.И. Охрана труда на автомобильном транспорте К.: высш.шк, 1988
2. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. – К.: Каравела, 2004. – 408 с.
3. ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение».
4. Жидецкий В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006 – 336 с.
5. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
6. Кулявець Ю.В., Богатов О.І. Основи охорони праці: конспект лекцій.- Х.: ХНАДУ, 2010.- 154 с.
7. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006 – 448 с.
8. Охорона праці на автотранспорті. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.Й. Навчальний посібник.-Суми: ВТД «Університетська книга». 2005.- 374 с.
9. Феофанов Ю.А. Исследование и расчет естественного и искусственного освещения [Текст] / Феофанов Ю.А., Шарипова Н.Н., Смирнова Э.Е. Методические указания к лабораторным работам.– М.: МГТУ: МАМИ, 2001.– 36 с.

