

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА № 5

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

ассистент

должность, уч. степень, звание

*М.В. Баранова* — *удовл.*  
23.05.2023  
подпись, дата

А.А. Баранова

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3

«ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ»

по дисциплине: БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

РАБОТУ  
ВЫПОЛНИЛИ

СТУДЕНТЫ  
ГР

М250

*Ю.Р. Малая*

Ю.Р. Малая

*К.И. Белозерских*

К.И. Белозерских

*Я.А. Васильев*

Я.А. Васильев

*Д.А. Иванова*

Д.А. Иванова

*И.С. Маслов*

И.С. Маслов

*И.В. Сальников*

И.В. Сальников

23.05.2023

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург  
2023

**Цель работы:** Ознакомление с основными светотехническими характеристиками, определяющими условия работы в производственных помещениях; с видами и системами производственного освещения; требованиями санитарных норм на производственное освещение; методами и приборами для исследования светотехнических характеристик источников света, светильников и систем освещения.

### **Описание лабораторной установки:**

Для экспериментального исследования естественной и искусственной освещенности на рабочей поверхности в зависимости от различных факторов применяется специальная установка. Установка включает в себя:

1. Светильник «Универсаль» с лампой накаливания;
2. Светильник «ОД» с люминесцентными лампами;
3. Блок коммуникации ламп;
4. Измерительный блок люксметра;
5. Селеновый фотоэлемент;
6. Штатив для крепления фотоэлемента;
7. Угломер для установки и закрепления фотоэлемента;
8. Регулируемая наклонная плоскость;
9. Горизонтальная плоскость.

Люксметр Ю 116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и искусственным источниками света. Он включает в себя:

1. измерительный блок, имеющий шкалы, градуированные в люксах;
2. шкалу, используемую при нажатой кнопке с фиксированным заданным пределом измерения 0 – 100 лк;
3. шкалу, используемую при нажатой кнопке задания предела измерения 0 – 30 лк;
4. вилку, используемую для присоединения датчика с селеновым фотоэлементом;

5. насадку для уменьшения косинусной погрешности, применяющуюся с одной из трех насадок, используемых для расширения диапазона измерений и образующих три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100 и 1000.

Монохроматор предназначен для разложения на отдельные длины волн светового потока, создаваемого исследуемыми источниками света.

Источники света переключаются с помощью выключателей источников света (лампы накаливания, газоразрядной лампы). Требуемая длина волны устанавливается с помощью микрометрического барабана. Деления на микрометрическом барабане, соответствующие определенным длинам волн.

Диапазон устанавливаемых для исследования длин волн 0,45-0,65 мкм.

### **Рабочие формулы:**

Естественное освещение помещения оценивают по величине коэффициента естественной освещенности (КЕО), равного отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений)  $E_v$  к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода,  $E_n$ :

$$e = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $E_v$  – освещенность внутри помещения,

$E_n$  – наружная освещенность;

Значение освещенности от источников местного освещения определить, как разность:

$$E_m = E_{\text{комб}} - E_{\text{общ}}, \quad (2)$$

где  $E_{\text{комб}}$  и  $E_{\text{общ}}$  – значения освещенности для комбинированной и общей системы соответственно.

3.3 Сила света  $I$  - пространственная плотность светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла  $\omega$ , в котором равномерно распределено излучение. Единица силы света - кандела.

$$I = d\Phi/d\omega = R^2 E_\alpha, \quad (3)$$

где  $R$  - расстояние от источника до поверхности, м;

$dS$  - элемент поверхности, освещаемой источником;

$E$  - освещенность, лк.

Телесный угол  $\omega = S/R^2$ , где  $S$  - облучаемая поверхность,  $m^2$ . Значение  $d\Phi$ , магнитного потока, определяется отношением элемента поверхности  $dS$ , вырезаемой им из сферы произвольного радиуса  $R$ , к квадрату этого радиуса  $d\Phi = dS/R^2$ .

3.4 Спектральную плотность лучистого потока источника  $\varphi(\lambda)$  можно определить по формуле:

$$\varphi(\lambda) = u(\lambda) / g(\lambda)', \quad (4)$$

где  $U(\lambda)$  – напряжение;

$\varphi(\lambda)$  - спектральная плотность лучистого потока источника;

$U(\lambda)$  измеряется вольтметром, подключенным к выходу фотоумножителя, установленного за монохроматором. Монохроматор выделяет только ту часть излучения источника, которая приходится на определенную длину волны  $\lambda$ .

3.5 Коэффициент отражения  $\rho_{отн}$  находится по формуле:

$$\rho_{отн} = \frac{E_{отр}}{E_{отр(б)}}, \quad (5)$$

где  $E_{отр}$  – значение отражения для исследуемой поверхности,

$E_{отр(б)}$  - значение  $E_{отр}$  для поверхности белого цвета.

3.6 Сила света может быть определена по формуле:

$$I = d\Phi / dS = I \cos \beta / R^2, \quad (6)$$

где  $I$  - сила света в направлении элемента поверхности, кд;

$\beta$ - угол между нормалью к элементу поверхности и направлением силы света;

R - расстояние между источником и освещаемым элементом поверхности, м.

3.7 Для наклонной поверхности освещенность от точечного источника света может быть определена через горизонтальную освещенность:

$$E_{\text{расч}} = E_{\text{эксп}} \cdot \cos \alpha, \quad (7)$$

где  $\alpha$  – угол наклона расчетной плоскости по отношению к горизонтальной плоскости;

$E_{\text{эксп}}$  – значение горизонтальной освещенности.

#### 4. Ход работы:

Для исследования систем освещения и их светотехнических характеристик мы провели ряд экспериментов, в результате выполнения которых смогли сделать некоторые выводы о светотехнических характеристиках источников света, светильников и систем освещения в целом.

При осуществлении первого опыта нашей целью было исследование естественной освещенности. В процессе его проведения мы установили люксметр максимально близко к окну, чтобы измерить освещенность, создаваемую небосводом. Далее мы измеряли освещенность внутри помещения в нескольких точках. После получения всех измерений мы внесли их в таблицу 1, а также, используя формулу (1), произвели расчеты КЕО для каждой точки и занесли их в таблицу 1.

Результат измерения  $E_{\text{нар}} = 300$ , лк (при  $E_{\text{нар}} < 5000$  лк табл. Не заполняется).

Таблица 1 - Исследование естественной освещенности в зависимости от расстояния до светового проема в наружной стене здания

Параметры	Результаты измерений							Нормы при боковом	
Расстояние, м	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1м от стены	Естеств.	Со совме щ.

Е <sub>внутр</sub> , лк	288	237	219	204	186	177	162	-	1,2
КЕО	96	79	73	68	62	59	54		

Следующий опыт был нацелен на исследование горизонтальной освещенности на рабочей поверхности в зависимости от системы освещения. В процессе его проведения мы включили в лаборатории общее освещение и измерили с помощью люксметра освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения. Далее включили дополнительно люминесцентные лампы местного освещения и измерили освещенность при системе комбинированного освещения. Полученные данные мы занесли в таблицу 2, а также вычислили значение освещенности от источников местного освещения с помощью формулы (2) и записали результат в таблицу 2.

Таблица 2 - Исследование систем освещения

Система	Значение освещенности, создаваемое люминесцентными лампами	Нормы на освещенность, лк		
		Комбинированная система		Общая система
		Всего	В том числе общая	
Общая	120	2000	200	500
Комбинированная	530			
Местная	410			

По формуле (2) находим местное значение освещенности, создаваемое люминесцентными лампами:  $E_m = E_{комб} - E_{общ} = 530 - 120 = 410$

Вывод: исследуемая система освещения не соответствует нормам.

Целью нашего третьего опыта было исследование относительной светоотражающей способности фона. В процессе его проведения наша группа использовала два разных типа светильников: «Универсаль» и ОД. Сначала мы закрепили фотозащитный элемент люксметра на максимальной высоте с помощью штатива

таким образом, чтобы его чувствительный элемент находился в направлении отражающей поверхности, а далее начали проводить опыт поочередно с каждым светильником. После включения соответствующего светильника мы измеряли светоотражающие способности фонов, при этом меняя отражающие пластины. После занесения в таблицу 3 соответствующих значений, с помощью формулы (5) мы вычислили относительную отражающую способность для отражающих пластин каждого цвета и двух типов светильника соответственно и так же занесли полученные результаты в таблицу 3.

Таблица 3 - Исследование относительной светоотражающей способности фона

Тип светильника	Цвет отражающей поверхности								
		Б	К	О	Ж	З	Г	С	Ч
Универсаль	$E_{отр,лк}$	150	110	120	130	110	100	100	100
	$\rho_{отн}$	1	0,73	0,8	0,87	0,73	0,67	0,67	0,67
«ОД»	$E_{отр,лк}$	350	310	300	330	270	250	210	200
	$\rho_{отн}$	1	0,89	0,86	0,94	0,77	0,71	0,6	0,57

Коэффициент отражения находим по формуле (5):

$$\rho_{отн} = E_{отр} / E_{отр(б)} = 110/150 = 0,73 \text{ лк}$$

Вывод: Для обоих типов светильников светлые цвета, в особенности белый и желтый, обладают наибольшей светоотражающей способностью. Цвета черный и синий при исследовании обоих типов светильников имеют наименьшую светоотражающую способность. Из данного исследования видно, что тип светильника «ОД» обладает большей способностью отражать лучи света, чем тип светильника «Универсаль».

Следующий опыт был нацелен на исследование кривой силы света светильника «Универсаль». В процессе его проведения мы установили светильник

над угломером определенным образом. После его включения мы с помощью фотоэлемента люксметра произвели измерения освещенности для каждого значения угла  $\theta$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , в соответствии со значениями, представленными в таблице 4, с помощью угломера и занесли их данную таблицу соответственно. Далее, используя формулу (3), мы рассчитали силу света для каждого значения угла и так же внесли их в таблицу 4.

Таблица 4 - Исследование кривой силы света светильника «Универсаль»

Угол наклона фотоэлемента	$\theta$ , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Результат измерения освещенности	$E_\theta$ , лк	280	300	340	350	370	360	340	320	290	190
Результат расчета освещенности	$I_\theta$ , кд	100,8	108	122,4	126	133,2	129,6	122,4	115,2	104,4	68,4

Силу света для каждого значения определяли по формуле (3):  $I = d\Phi/d\omega = R^2 E_\alpha = 0,6^2 \cdot 280 = 100,8$  (кд)

При осуществлении пятого опыта нашей целью было исследование освещенности на наклонной плоскости для светильника «Универсаль». В процессе его проведения мы установили светильник над регулируемой наклонной плоскостью и закрепили на ней фотоэлемент люксметра. После включения светильника мы, отклоняя рабочую поверхность на определенный угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  в соответствии со значениями, представленными в таблице 5, произвели измерения освещенности и занесли их в данную таблицу. Далее, используя формулу (7), мы рассчитали освещенность для каждого значения угла и так же внесли их в таблицу 5.



Таблица 5 - Исследование освещенности наклонной плоскости для светильника «Универсаль»

Угол наклона плоскости	$\alpha$ , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Результат измерения освещенности	$E_{\alpha}$ эксп, ЛК	330	340	340	340	300	300	280	250	220	190
Результат расчета освещенности	$E_{\alpha}$ расче ЛК	330	334,8	319,5	294,4	229,8	192,7	135	85,5	38,2	0

По формуле (7) находим результат расчета освещенности:

$$E_{\text{расч}} = E_{\text{эксп}} \cdot \cos \alpha = 340 \cdot \cos(10) = 334,8 \text{ лк}$$

Вывод: получены расхождения между полученными экспериментально и теоретически значениями освещённости. На это повлиял такой фактор, как наличие иных систем общего освещения и солнечного света, проникающего через окна, помимо светильника «Универсаль».

Целью последнего опыта было исследование спектральных характеристик источников света. Для проведения данного эксперимента мы использовали специальную установку, поэтому сначала наша группа включила ее блок питания и вольтметр. Также в процессе данного опыта мы поочередно использовали лампы двух типов: лампу накаливания и люминесцентную лампу. (Сначала опыт проводился при включенной лампе накаливания, затем при люминесцентной

лампе). В первую очередь, мы установили длину волны монохроматора, равную 0,45 мкм, что соответствовало 14,0 делениям микрометрического барабана, и внесли показания вольтметра в таблицу 6. Далее мы начали менять значение длины волны с помощью микрометрического барабана и заносить их в вышеупомянутую таблицу соответственно. (Действия повторялись дважды – для лампы накаливания и люминесцентной лампы по отдельности). После снятия всех показаний вольтметра, используя формулу (4), наша группа определила спектральную плотность лучистого потока для каждого источника света и занесла ее в таблицу 6. Далее мы построили кривые зависимостей спектральной плотности лучистого потока исследуемых источников света в декартовой системе координат на одном графике (рисунок 1).

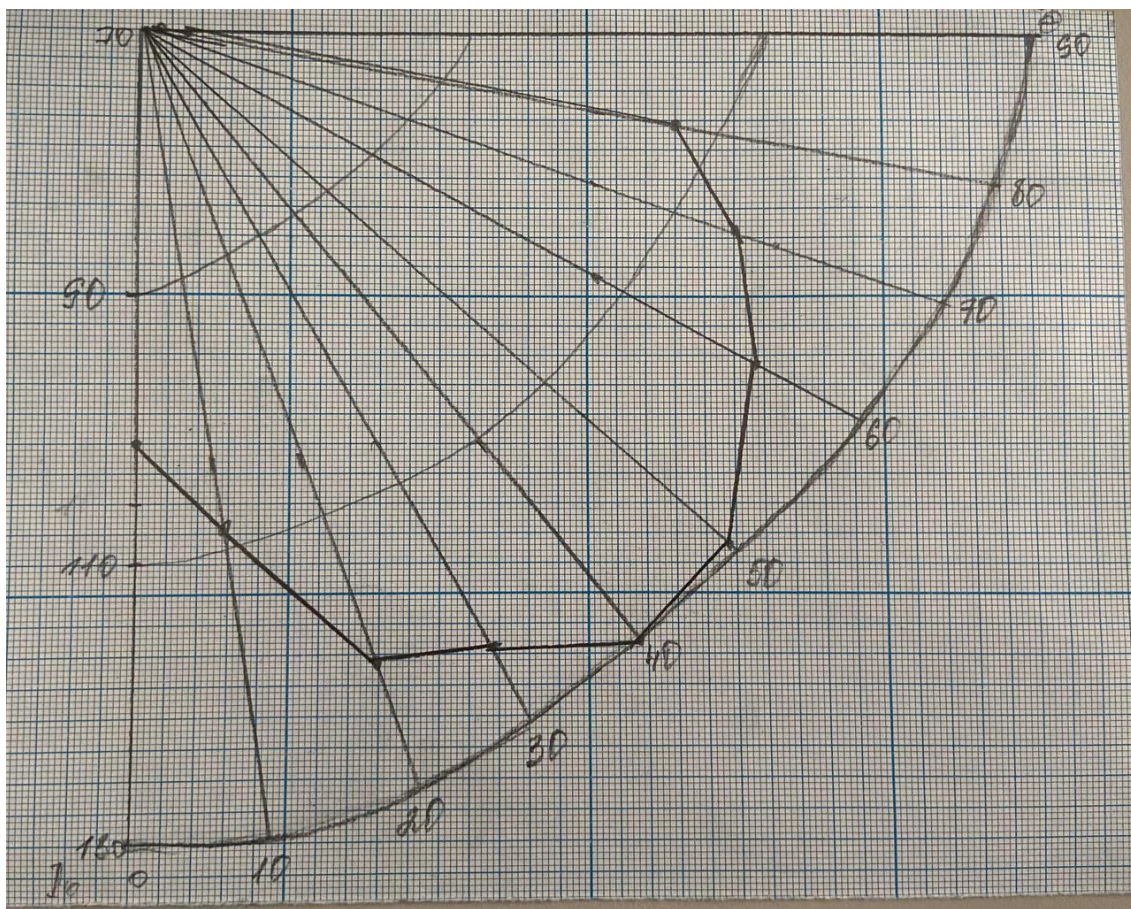


Рис. 1. Зависимость  $I_\theta = f(\theta)$  строится в полярной системе координат

Вывод: при увеличении угла наклона плоскости освещенность уменьшается. Чем больше угол, тем плоскость светового потока, падающего на объект, меньше

Таблица 6 - Исследование спектральных характеристик источников света

Длина волны $\lambda$ , мкм	$g(\lambda)$	Деление на барабане монохроматора	Исследуемый источник света			
			Лампа накаливания		Лампа люминесцентная	
			Показание вольтметра $U(\lambda)$ , В	Расчетное значение $\phi(\lambda)$	Показание вольтметра $U(\lambda)$ , В	Расчетное значение $\phi(\lambda)$
0,45	0,9	14,00	2,8	2,52	0,9	0,81
0,48	0,95	16,00	2,5	2,375	0,6	0,57
0,5	1,0	17,35	2,2	2,2	3,4	3,4
0,56	0,9	21,00	3,4	3,06	0,4	0,36
0,60	0,7	22,34	4,7	3,29	2,7	1,89
0,62	0,6	23,00	5,6	3,36	7,3	4,38
0,65	0,4	24,40	7,7	3,08	0,7	0,28

Вывод: при увеличении длины волны в лампе накаливания повышается напряжение. В люминесцентной лампе наибольший показатель напряжения при длине волны 0,5; 0,62.

### Вывод:

В ходе данного исследования, мы ознакомились с основными светотехническими характеристиками, определяющими условия работы в производственных помещениях, а также с видами и системами производственного освещения, требованиями санитарных норм на производственное освещение, методами и приборами для исследования светотехнических характеристик источников света, светильников и систем освещения.

Мы выявили, что исследуемая система освещения не соответствует нормам, так как полученные нами данные не соответствуют табличным нормам; следует увеличить количество и яркость освещения в помещении.

Приложение 1

Протокол измерений



Протокол лабораторной работы №2  
«ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ И ИХ  
СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК»

Группа: М250 Студенты: Белорыцкий К.И., Сальников И.В.,  
Морозов Р.В., Ширинский А.А., Васильев А.А., Исмаилов А.А.

10.03.2023  
(ПОДПИСЬ РЕДАКТОРА)

Вариант №     , Разряд и подразряд зрительных работ по варианту IV<sup>д</sup>

- ☐ - заполняется при проведении измерений.  
☒ - заполняется при оформлении отчета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Результат измерения  $E_{нар} = 300$ , лк (при  $E_{нар} < 5000$  лк табл. 1 не заполняется).

Таблица 1

Параметры	Результаты измерений и расчетов							Нормы при боковом освещении (КЕО на расстоянии 1 м от стены), %	
	0,15	0,5	0,45	0,6	0,95	0,9	1 м от стены	естественное	совмещенное
Расстояние R от светового проема, м									
$E_{внутр}$ , лк	288	237	219	204	186	177	162		
$КЕО = (E_{внутр} / E_{нар}) \times 100, \%$									

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

Таблица 2

Система	Измеренное значение освещенности, создаваемой люминесцентными лампами, лк	Нормы на освещенность, лк		
		Комбинированная система		Общая система
		Всего	В т. ч. общая	
Общая	120			
Комбинированная	330			
Местная	500-120-111			

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СВЕТООТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФОНА

Таблица 3

Тип светильника		Цвет отражающей поверхности							
		Б	К	О	Ж	З	Г	С	Ч
"Универсаль"	$E_{отр}$ , лк	150	110	120	130	110	100	100	100
	$\rho_{отн}$	0,73	0,6	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
"ОД"	$E_{отр}$ , лк	350	310	300	330	270	250	210	200
	$\rho_{отн}$	0,89	0,86	0,86	0,89	0,89	0,89	0,86	0,87

## Протокол измерений

### ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЙ СИЛЫ СВЕТА СВЕТИЛЬНИКА "УНИВЕРСАЛЬ"

Таблица 4

Угол наклона фотоэлемента	$\theta$ , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Результат измерения освещенности	$E_\theta$ , лк	280	300	340	350	370	380	340	320	290	190
Расчет силы света (при $R=0,6м$ )	$I_\theta$ , кд										

Зависимость  $I_\theta = f(\theta)$  строится в полярной системе координат.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ ДЛЯ СВЕТИЛЬНИКА «УНИВЕРСАЛЬ»

Таблица 5

Угол наклона плоскости	$\alpha$ , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Результат измерения освещенности	$E_\alpha$ эксп, лк	330	340	340	340	300	280	270	250	220	190
Результат расчета освещенности	$E_\alpha$ расч, лк										

### ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Таблица 6

Длина волны $\lambda$ , нм	$g(\lambda)$	Деление на барабане монохроматора	Исследуемый источник света			
			Лампа накаливания		Лампа люминесцентная	
			Показание вольтметра $U(\lambda)$ , В	Расчетное значение $\phi(\lambda)$	Показание вольтметра $U(\lambda)$ , В	Расчетное значение $\phi(\lambda)$
0,45	0,9	14,00	2,8		0,9	
0,48	0,95	16,00	2,5		0,6	
0,5	1,0	17,35	2,2		3,4	
0,56	0,9	21,00	3,4		0,4	
0,60	0,7	22,34	4,7		2,7	
0,62	0,6	23,00	5,6		7,3	
0,65	0,4	24,40	3,7		0,7	