

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
КАФЕДРА «ЛОКОМОТИВЫ»

**ЖУРНАЛ**  
**лабораторных работ**  
по дисциплине  
**«Электрическое освещение»**

Выполнил:  
студент группы \_\_\_\_\_  
уч. шифр: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Гомель \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Контроль минимальной освещенности на рабочем месте .....	3
1.1 Цель работы .....	3
1.2 Перечень приборов и оборудования .....	3
1.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки .....	3
1.4 Определение нормативной освещенности.....	4
1.5 Схема контрольных точек .....	4
1.6 Измерение освещенности .....	6
1.7 Заключение.....	7
2 Контроль средней освещенности на рабочем месте.....	8
2.1 Цель работы .....	8
2.2 Перечень приборов и оборудования .....	8
2.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки.....	8
2.4 Определение нормативной освещенности.....	8
2.5 Схема контрольных точек .....	9
2.6 Измерение освещенности .....	9
2.7 Заключение.....	12
3 Оценка освещенности при системе местного освещения для различных типов ламп.....	13
3.1 Цель работы .....	13
3.2 Перечень приборов и оборудования .....	13
3.3 Условия проведения и результат измерений .....	14
3.4 Заключение.....	15
4 Зависимость световой отдачи светодиода от тока.....	16
4.1 Цель работы .....	16
4.2 Перечень приборов и оборудования .....	16
4.3 Условия проведения и результат испытаний .....	16
4.4 Заключение.....	19
5 Оценка влияния типа светорассеивателя на освещенность рабочего места.....	19
5.1 Цель работы .....	19
5.2 Перечень приборов и оборудования .....	19
5.3 Условия проведения и результат измерений.....	20
5.4 Заключение.....	21
6 Статические характеристики светодиодного осветительного прибора с импульсным блоком питания.....	22
6.1 Цель работы .....	22
6.2 Перечень приборов и оборудования .....	22
6.3 Условия проведения и результат испытаний .....	22
6.4 Заключение.....	25
7 Статические характеристики светодиодного осветительного прибора с дрессельным блоком питания.....	25
7.1 Цель работы .....	25
7.2 Перечень приборов и оборудования .....	26
7.3 Условия проведения и результат испытаний .....	26
7.4 Заключение.....	29
Список литературы.....	30

# 1 КОНТРОЛЬ МИНИМАЛЬНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

## 1.1 Цель работы

Провести контроль осветительной установки аудитории организации высшего образования по показателю минимальной освещенности на рабочем месте.

## 1.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для контроля освещенности представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Рулетка измерительная	
Термометр-гигрометр	

## 1.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки

Контроль осветительной установки аудитории

Характеристики зрительной работы:

- объект различения –

- размер объекта различения  $x$  –

- расстояние от глаз до объекта различения  $l$  –

- угловой размер объекта различения  $\alpha = 60 \arctg(x/l) =$

- эквивалентный минимальный размер объекта различения  $x_{\text{ЭКВ}} = l \text{tg}(\alpha/60) =$

различения

- рабочее место –

- расположение условной рабочей/их поверхностей

- фон (рабочая поверхность):

светлый  
( $\rho > 0,4$ )

средний  
( $0,2 < \rho < 0,4$ )

темный  
( $\rho < 0,2$ )

- контраст объекта с фоном:

большой  
( $K > 0,5$ )

средний  
( $0,2 < K < 0,5$ )

Малый  
( $K < 0,2$ )

- продолжительность времени работы при направлении зрения на рабочую поверхность:

70 % и более

до 70 %

- разряд и подразряд зрительной работы

Характеристика осветительной установки рабочего освещения учебной аудитории:

- вид по источнику света:  искусственное  совмещенное

- система искусственного освещения:  общее равномерное  комбинированное  
 общее локализованное

- количество осветительных приборов всего:  
 в том числе рабочих:

- модель осветительных приборов
- эксплуатационная группа светильников
- источник света
- тип ПРА


### 1.4 Определение нормативной освещенности

Нормативная освещенность в зависимости от разряда и подразряда зрительной работы, системы искусственного освещения и вида контроля осветительной установки представлена в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Показатели, определяющие нормативную освещенность

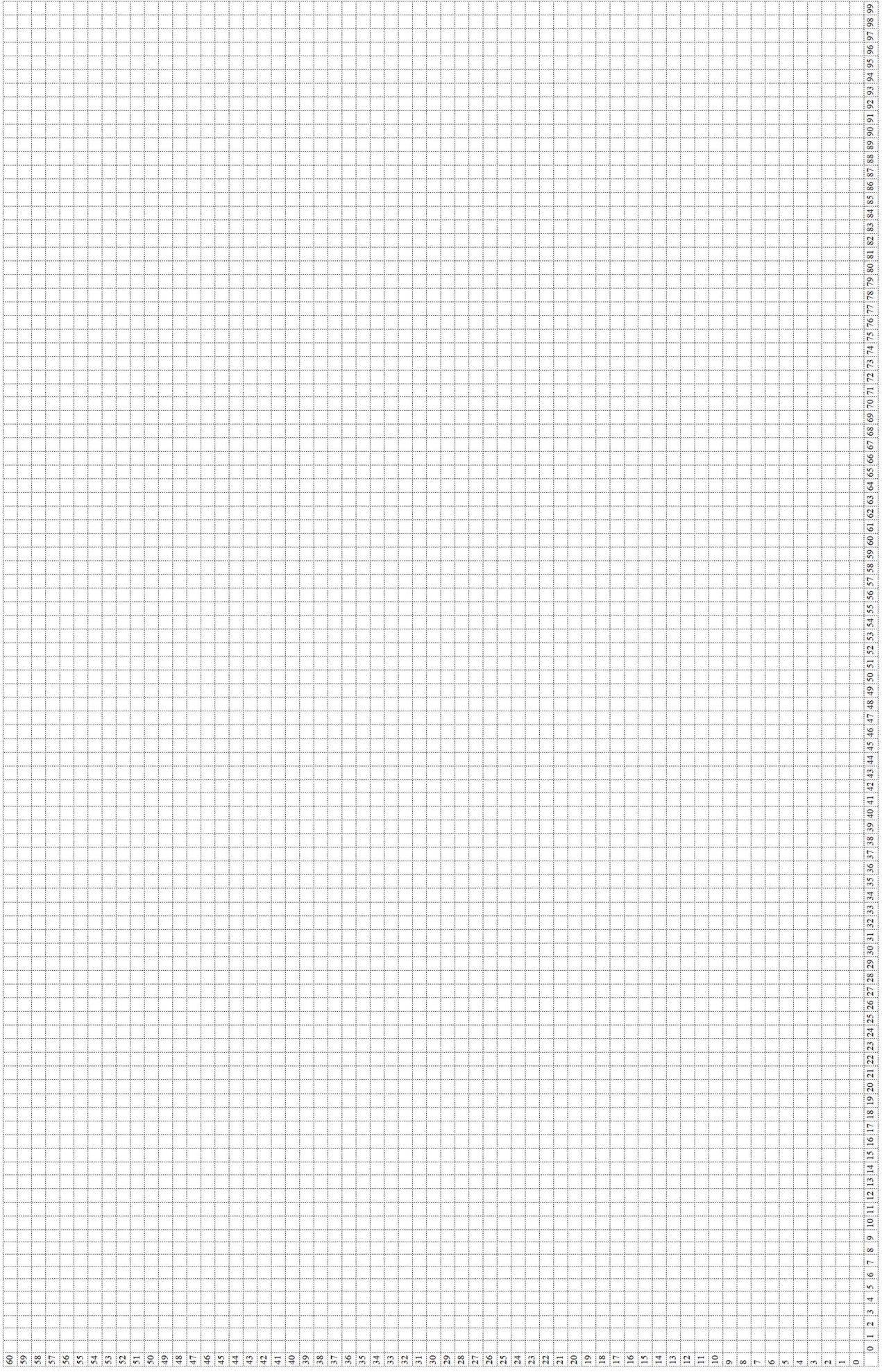
Показатель	Значение для вида контроля	
	Приемка в эксплуатацию	Инспекторский контроль
Нормативный документ	СН 2.04.03-2020 [1]	Гигиенический норматив [2]
Допустимое (нормативное) для зрительной работы значение освещенности в эксплуатации $E_n$ , лк		
Корректировки на одну ступень по шкале, лк:		
- для совмещенного освещения	+100	+100
Коэффициент запаса $K_z$	1,4	–
Коэффициент эксплуатации $MF$	0,714	–
Нормативное значение при контроле $E_{нк}$ , лк, для:	$E_{нк} = 0,9E_n / MF$	$E_{нк} = E_n$
- искусственного освещения		
- совмещенного освещения		
Выбор вида контроля		

### 1.5 Схема контрольных точек

Контрольные точки измерения минимальной освещенности от рабочего освещения размещают в соответствии с требованиями ГОСТ 24940 [3]:

- в центре помещения под светильниками;
- между светильниками и их рядами;
- у стен на расстоянии от 0,15 до 0,25 расстояния между рядами светильников, но не более одного метра от стены.

Схема размещения контрольных точек в обследуемом помещении представлена на рисунке 1.1.



● — контрольная точка;    - - - - - — светильник;    - · - · - · - - — условная сетка разделения помещения для определения расположения контрольных точек

Рисунок 1.1 – Схема расположения точек измерения освещенности

## 1.6 Измерение освещенности

Условия инструментального контроля освещенности и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 1.3, результат контроля в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПА		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения $e_{фон} = E_e / (E_{изм} - E_e) < 0,1$		–	
Напряжение в осветительном щите, В:		$\frac{U_{ном}}{U_{ном} - K(U_{ном} - (U_1 + U_2)/2)} =$	
- до измерений $U_1$			
- после измерений $U_2$			
Примечание – обозначения в формулах: $E_{изм}$ – значение освещенности по показаниям люксметра, лк; $E_e$ – естественная освещенность, измеренная в точке, расположенной в ближайшей к окну точке измерений в сетке контрольных точек или на расстоянии не более 1 м от окна на уровне условной рабочей поверхности, лк; $U_{ном}$ – номинальное напряжение в электросети, В; $K$ – коэффициент зависимости светового потока источника света от напряжения (0 – для светодиодов с импульсными блоками питания, 1 – для люминесцентных ламп с электронными пускорегулирующими аппаратами, 2 – для люминесцентных ламп с индуктивными балластными сопротивлениями и дуговых ртутных ламп, 3 – для металлогалогенных ламп, дуговых ртутных ламп с излучающими добавками, натриевых ламп высокого давления, 4 – для ламп накаливания и светодиодов с мостовыми схемами включения).			

Таблица 1.4 – Измеренная и фактическая освещенность в контрольных точках

В люксах

Номер точки	Значение			Номер точки	Значение		
	измеренное $E_{изм}$	скорректированное на			измеренное $E_{изм}$	скорректированное на	
		темновой сигнал $E$	напряжение $E_{ф}$			темновой сигнал $E$	напряжение $E_{ф}$
1				14			
2				15			
3				16			
4				17			
5				18			
6				19			
7				20			
8				21			
9				22			
10				23			
11				24			
12				25			
13				26			

По данным таблицы 1.4 определяется точка локального минимума освещенности в помещении на условной рабочей поверхности. Повторная серия измерений в точке локального минимума освещенности представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Результат измерения и оценки минимальной освещенности в точке 1

Показатель	Значение для <i>n</i> -го измерения					Расчетная формула
	1	2	3	4	5	
Освещенность, лк:						
- измеренная $E_{измi}$						
- скорректированная на:						
а) темновой сигнал $E_i$						
б) напряжение $E_{\phi i}$						
- среднее арифметическое из <i>n</i> измерений						$\bar{E}_{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{\phi i}$
Стандартная неопределенность, лк:						
- по типу А						$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{\phi i} - \bar{E}_{\phi})^2}{n(n-1)}}$
- по типу В для:						
1) основной относительной погрешности люксметра ( $b_o = \pm 6\%$ )						$u_{Bo} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_o}{100 \sqrt{3}}$
2) температуры воздуха ( $b_t = \pm 3\%$ на каждые 10 °С от 23 °С)						$u_{Bt} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_t}{100 \sqrt{3}}$
3) пространственной характеристики фотометрической головки ( $b_c$ см. рисунок 1.2)						$u_{Bc} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_c}{100 \sqrt{3}}$
4) фона от естественного освещения ( $b_{\phi} = e_{фон} 100\%$ , таблица 1.3)						$u_{B\phi} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_{\phi} - 0}{200 \sqrt{3}}$
- суммарная						$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_{Bo}^2 + u_{Bt}^2 + u_{Bc}^2 + u_{B\phi}^2}$
Расширенная неопределенность для вероятности $p = 0,95$ ( $k = 2^*$ )						$U_C = k u_C$
* При предположении о нормальном законе распределения измеряемых величин						

### 1.7 Заключение

По результатам инструментального контроля установлено:

- фактическая освещенность

$$\bar{E}_{\phi} - U_C = \boxed{\phantom{000}} \text{ лк} \quad E_{нк} = \boxed{\phantom{000}} \text{ лк;}$$

- осветительная установка требованиям

	<input type="checkbox"/>	соответствует
	<input type="checkbox"/>	не соответствует

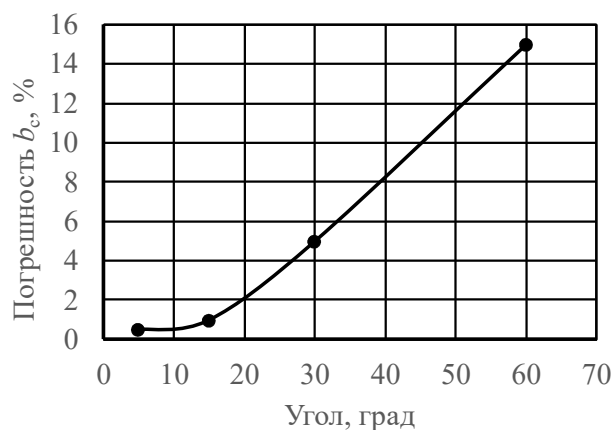


Рисунок 1.2 – Косинусная погрешность

## 2 КОНТРОЛЬ СРЕДНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

### 2.1 Цель работы

Провести контроль осветительной установки аудитории организации высшего образования по показателю средней освещенности на рабочем месте.

### 2.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для контроля освещенности представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Рулетка измерительная	
Термометр-гигрометр	

### 2.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки

Контроль осветительной установки аудитории

Характеристика осветительной установки и зрительной работы в соответствии с лабораторной работой №1. Разряд и подразряд зрительной работы

### 2.4 Определение нормативной освещенности

Нормативная освещенность в зависимости от разряда и подразряда зрительной работы, системы искусственного освещения и вида контроля осветительной установки представлена в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Показатели, определяющие нормативную освещенность

Показатель	Значение для вида контроля	
	Приемка в эксплуатацию	Инспекторский контроль
Нормативный документ	СанПиН 1.2.3685-21 [4]	
Допустимое (нормативное) для зрительной работы значение освещенности в эксплуатации $E_n$ , лк		
Корректировки на одну ступень по шкале, лк: - для совмещенного освещения	+100	
Коэффициент эксплуатации $MF$ [5]	0,71	–
Нормативное значение при контроле $E_{нк}$ , лк, для:	$E_{нк} = 0,9E_n/MF$	$E_{нк} = E_n$
- искусственного освещения		
- совмещенного освещения		
Равномерность освещенности на рабочем месте $U_0$ (отношение минимального значения освещенности $E_{мин}$ к среднему $\bar{E}_ф$ )	Не менее 0,6	
Выбор вида контроля		

## 2.5 Схема контрольных точек

Контрольные точки измерения средней освещенности от рабочего освещения размещают в соответствии с требованиями ГОСТ 24940 [3]:

- полосу 0,5 м от стен при общем равномерном освещении или границ зоны производства работ при общем локализованном освещении исключают из зоны измерений, за исключением случаев, когда там расположены рабочие места;

- для узких помещений с шириной меньше 2 м исключаемая полоса не более 10 % от ширины пола;

- контрольные точки размещают в узлах сетки с квадратными или прямоугольными ячейками размером  $p_i$  в пределах зоны измерений (к границам зоны примыкают ячейки размером  $0,5p_i$ );

- отношение длины ячейки  $p_1$  сетки к ее ширине  $p_2$  должно быть в пределах от 0,5 до 2 (рекомендуется равным единице);

- сетка контрольных точек не должна совпадать с сеткой размещения светильников (в случае совпадения увеличивают число контрольных точек);

- при размещении в помещении крупногабаритного оборудования контрольные точки не допускается располагать на оборудовании (в случае совпадения увеличивают число контрольных точек и исключают точки, попадающие на оборудование).

Максимальный размер ячейки  $p_i$ , м, должен удовлетворять условию:

$$p_i = 0,2 \cdot 5^{\lg(d)} \leq 10 \text{ м}, \quad (2.1)$$

где  $d$  – габаритный размер зоны измерений, м; рекомендуется при длине зоны меньше двойной ширины принимать  $d$  равным большему размеру (длине), в остальных случаях – меньшему размеру (ширине).

Для помещения размером  м с отступом от стен  м габаритный размер зоны измерений равен:  м.

Расчетный размер ячейки  $p_i$  определяется по формуле (2.1):

$$p_i = \text{} \text{ м} \leq 10 \text{ м}.$$

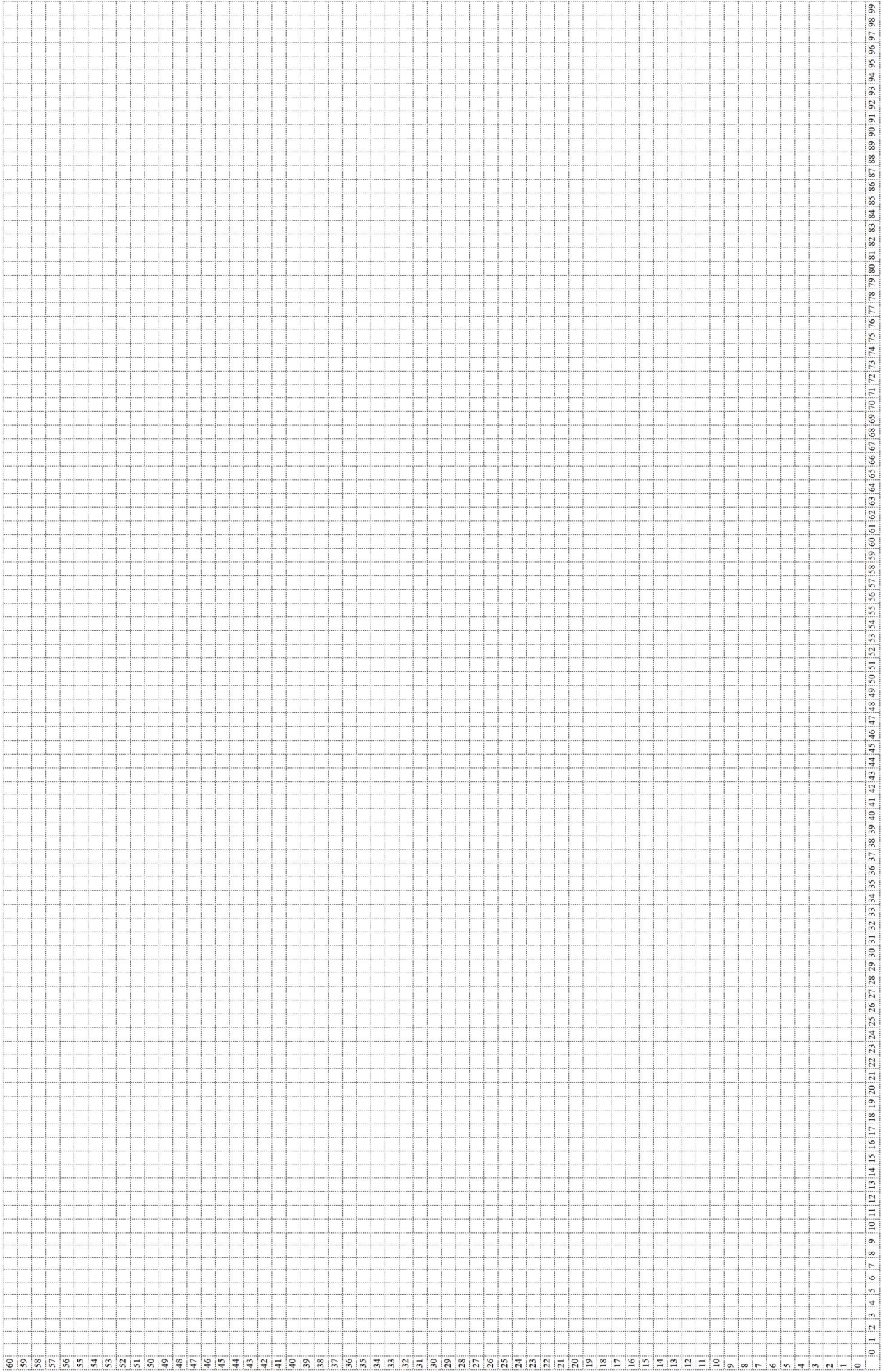
Количество контрольных точек .

Реальный размер ячейки  м.

Схема размещения контрольных точек в обследуемом помещении представлена на рисунке 2.1.

## 2.6 Измерение освещенности

Условия инструментального контроля освещенности и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 2.3, результат контроля в таблице 2.4.



● — контрольная точка;    - - - - - — светильник;    - - - - - — условная сетка разделения помещения для определения расположения контрольных точек

Рисунок 2.1 – Схема расположения точек измерения освещенности

Таблица 2.3 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПА		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения $e_{фон} = E_e / (E_{изм} - E_e) < 0,1$		–	
Напряжение в осветительном щите, В:		$\frac{U_{ном}}{U_{ном} - K(U_{ном} - (U_1 + U_2)/2)} =$	–
- до измерений $U_1$			
- после измерений $U_2$			
Примечание – обозначения в формулах: $E_{изм}$ – значение освещенности по показаниям люксметра, лк; $E_e$ – естественная освещенность, измеренная в точке, расположенной в ближайшей к окну точке измерений в сетке контрольных точек или на расстоянии не более 1 м от окна на уровне условной рабочей поверхности, лк; $U_{ном}$ – номинальное напряжение в электросети, В; $K$ – коэффициент зависимости светового потока источника света от напряжения (0 – для светодиодов с импульсными блоками питания, 1 – для люминесцентных ламп с электронными пускорегулирующими аппаратами, 2 – для люминесцентных ламп с индуктивными балластными сопротивлениями и дуговых ртутных ламп, 3 – для металлогалогенных ламп, дуговых ртутных ламп с излучающими добавками, натриевых ламп высокого давления, 4 – для ламп накаливания и светодиодов с мостовыми схемами включения).			

Таблица 2.4 – Измеренная и фактическая освещенность в контрольных точках

В люксах

Номер точки	Значение		
	измеренное $E_{изм}$	скорректированное на	
		темновой сигнал $E$	напряжение $E_{\phi}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			

Продолжение таблицы 1.4

Номер точки	Значение		
	измеренное $E_{изм}$	скорректированное на	
		темновой сигнал $E$	напряжение $E_{\phi}$
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
			Минимальное значение $E_{мин}$
			Среднее значение $\bar{E}_{\phi}$

## 2.7 Заключение

По результатам инструментального контроля установлено:

- фактическая освещенность

$$\bar{E}_{\phi} = \boxed{\phantom{000}} \text{ лк}; E_{нк} = \boxed{\phantom{000}} \text{ лк};$$

- равномерность освещенности

$$E_{мин} / \bar{E}_{\phi} = \boxed{\phantom{000}} \text{ 0,6};$$

- осветительная установка требованиям

СанПиН 1.2.3685-21  **соответствует**  
 **не соответствует**

### 3 ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ СИСТЕМЕ МЕСТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛАМП

#### 3.1 Цель работы

Определить возможность взаимозаменяемости ламп различного типа в осветительной установке местного освещения по критерию освещенности рабочей поверхности и рассчитать потенциал энергоэффективности для этого мероприятия.

#### 3.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для контроля освещенности представлен в таблице 3.1, электрическая схема и геометрическая модель осветительной установки для проведения экспериментов – на рисунках 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Ваттметр	
Рулетка измерительная	
Термометр-гигрометр	
Лабораторный автотрансформатор	
Светильник	

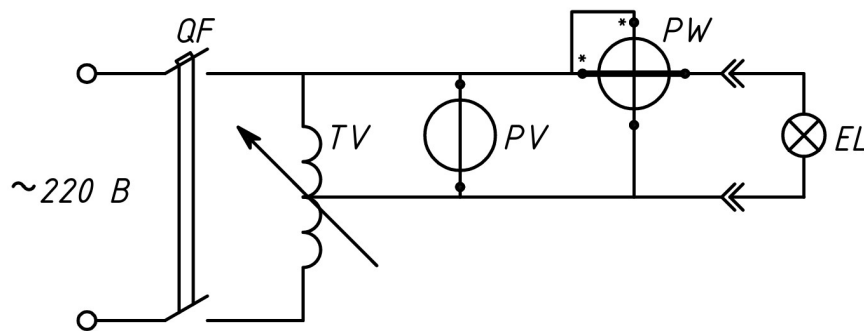


Рисунок 3.1 – Схема электрическая принципиальная осветительной установки

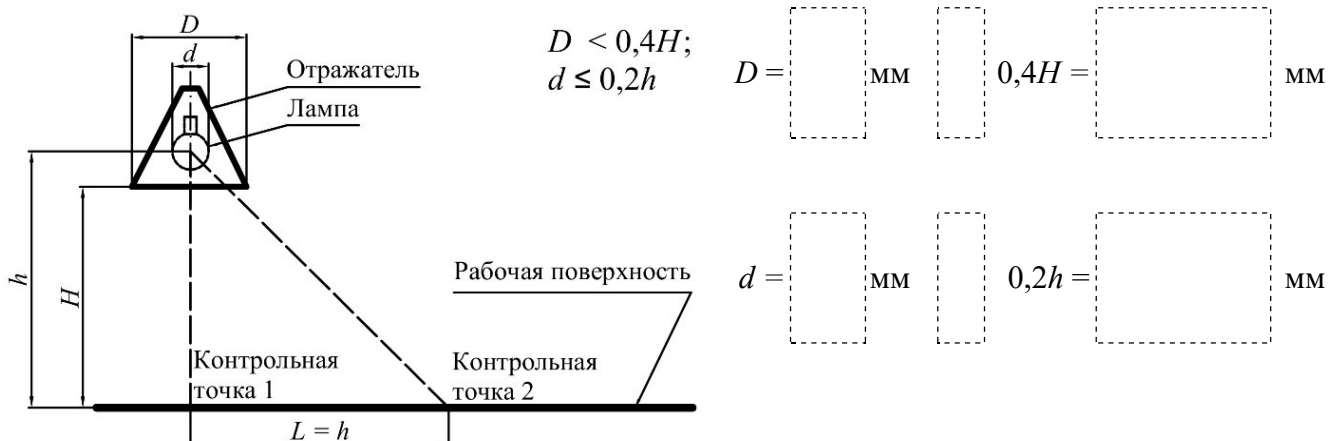


Рисунок 3.2 – Геометрическая модель осветительной установки

### 3.3 Условия проведения и результат измерений

Условия измерения освещенности в контрольных точках 1 и 2 и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПА		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения		–	
Напряжение на контактах, В			–

Результаты измерения освещенности в контрольных точках 1 и 2 и мощности потребляемой лампами приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Потребляемая мощность и освещенность для разных типов ламп

Лампа		Мощность, Вт	Освещенность			Расчетная величина $E/P$ , лк/Вт, для контрольной точки	
			в контрольных точках, лк		относительная $\eta_{ксс}$		
Номер	Тип		1	2	(графа 5 / графа 4)	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Накаливания общего назначения						
2	Галогенная накаливания						
3	Компактная люминесцентная						
4	Светодиодная						
5							

В таблице 3.4 представлен расчетный показатель энергоэффективности ламп  $\eta_{эз}$  (снижение потребляемой мощности при обеспечении одинаковой освещенности):

а) для контрольной точки 1 (по оси цоколя лампы)

$$\eta_{эз1} = \left( 1 - \frac{(E/P)_{li}}{(E/P)_{li}} \right) \cdot 100 \%, \quad (3.1)$$

б) для контрольной точки с минимальной освещенностью

$$\eta_{\text{э}} = \left( 1 - \frac{(E_{\text{мин}}/P)_j}{(E_{\text{мин}}/P)_i} \right) \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

где  $E/P_{1j}$  – расчетная величина для первой контрольной точки  $j$ -й заменяемой лампы, лк/Вт

$E/P_{1i}$  – расчетная величина для первой контрольной точки  $i$ -й замещающей лампы, лк/Вт;

$E_{\text{мин}}/P_{1j}$  – расчетная величина для контрольной точки с минимальной освещенностью  $j$ -й заменяемой лампы, лк/Вт;

$E_{\text{мин}}/P_{1i}$  – расчетная величина для контрольной точки с минимальной освещенностью  $i$ -й замещающей лампы, лк/Вт.

Таблица 3.4 – Матрица показателей энергоэффективности ламп

В процентах

Заменяемая лампа		Замещающая лампа номер				
Тип	Номер	1	2	3	4	5
Накаливания общего назначения	1					
Галогенная накаливания	2					
Компактная люминесцентная	3					
Светодиодная	4					
	5					
Примечание – в верхней части ячейки значение для контрольной точки 1, в нижней – для контрольной точки с минимальной освещенностью.						

### 3.4 Заключение

Для практических задач замены ламп на более энергоэффективные по результатам инструментального контроля освещенности при системе местного освещения установлено:

1) из исследуемых образцов подобные кривые сил света имеют:

2) потенциал снижения расходов электроэнергии при замене лампы накаливания на светодиодную лампу составляет  %.

## 4 ЗАВИСИМОСТЬ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ СВЕТОДИОДА ОТ ТОКА

### 4.1 Цель работы

Провести испытание светодиода и определить влияние значения тока в цепи на основные электрические и световые его характеристики.

### 4.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для испытания представлен в таблице 4.1, электрическая схема – на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Амперметр	
Термометр-гигрометр	
Лабораторный автотрансформатор	
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

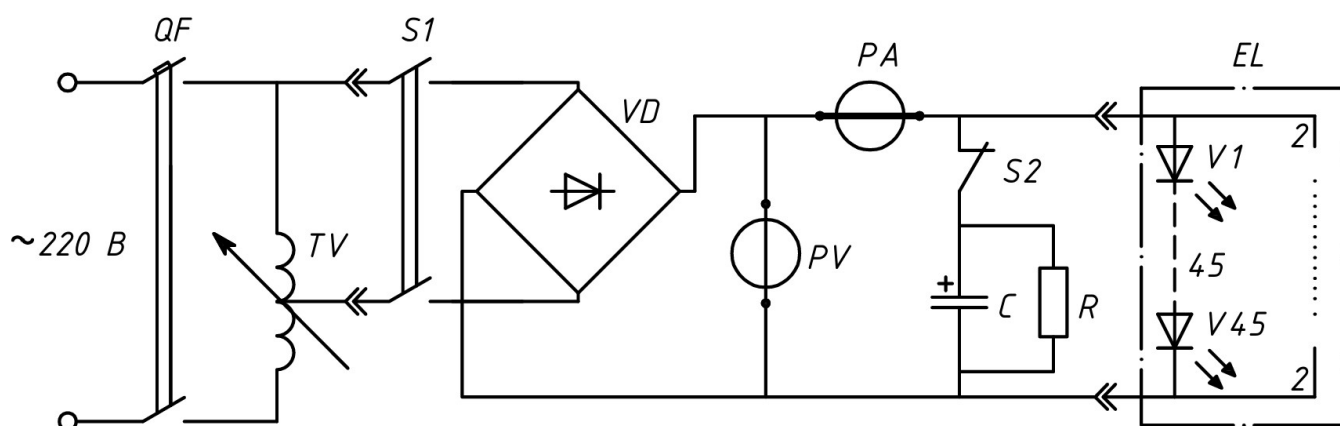


Рисунок 4.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

### 4.3 Условия проведения и результат испытаний

Условия измерения освещенности и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПа		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения		–	

Относительный световой поток светодиодных модулей  $\phi_i$ , отн. ед.

$$\phi_i = \frac{E_i}{E_B}, \quad (4.1)$$

где  $E_i$  – освещенность в контрольной точке светового короба в  $i$ -м измерении, лк;  
 $E_B$  – освещенность в контрольной точке светового короба в базовом измерении, лк.

Относительная световая отдача светодиодных модулей  $\eta_i$ , отн.ед.

$$\eta_i = \frac{E_i P_B}{P_i E_B}, \quad (4.2)$$

где  $P_B$  – мощность светодиодных модулей в базовом измерении, Вт;  
 $P_i$  – мощность светодиодных модулей в  $i$ -м измерении, Вт;

$$P_B = U_B I_B / 1000, \quad (4.3)$$

$$P_i = U_i I_i / 1000, \quad (4.4)$$

где  $U_B$  – напряжение на контактах светодиодных модулей в базовом измерении, В;  
 $I_B$  – ток в цепи светодиодных модулей в базовом измерении, мА;  
 $U_i$  – напряжение на контактах светодиодных модулей в  $i$ -м измерении, В;  
 $I_i$  – ток в цепи светодиодных модулей в  $i$ -м измерении, мА.

Результаты измерения электрических и световых характеристик светодиодных модулей и расчета по формулам (4.1) – (4.4) приведены в таблице 4.3 и на рисунках 4.2 – 4.4.

Таблица 4.3 – Результаты измерения и расчета электрических и световых характеристик светодиодных модулей

Номер измерения	Ток,		Напряжение,		Мощность,		Освещенность, лк	Световой поток, отн. ед.	Световая отдача, отн. ед.
	мА	отн. ед.	В	отн. ед.	Вт	отн. ед.			
1	0,01	0,000							
2	1	0,003							
3	10	0,03							
4	50	0,14							
5	100	0,29							
6	150	0,43							
7	200	0,57							
8	250	0,71							
9	300	0,86							
10/базовое	350	1,00							
11	400	1,14							
12	450	1,29							
13	500	1,43							
14	550	1,57							
15	600	1,71							

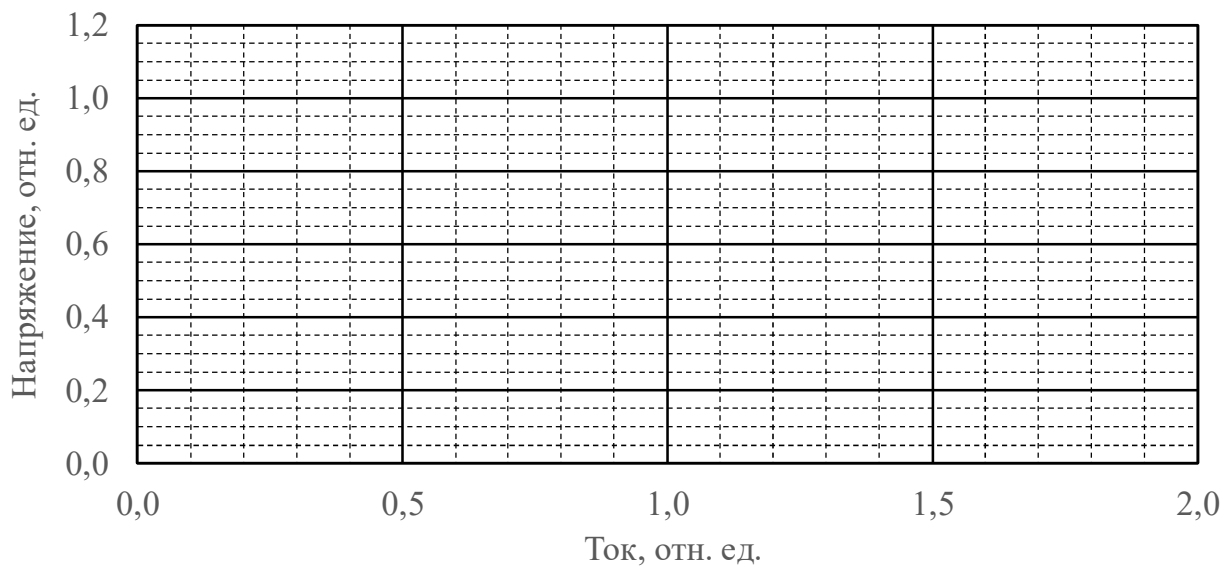


Рисунок 4.2 – Зависимость напряжения от тока светодиодных модулей

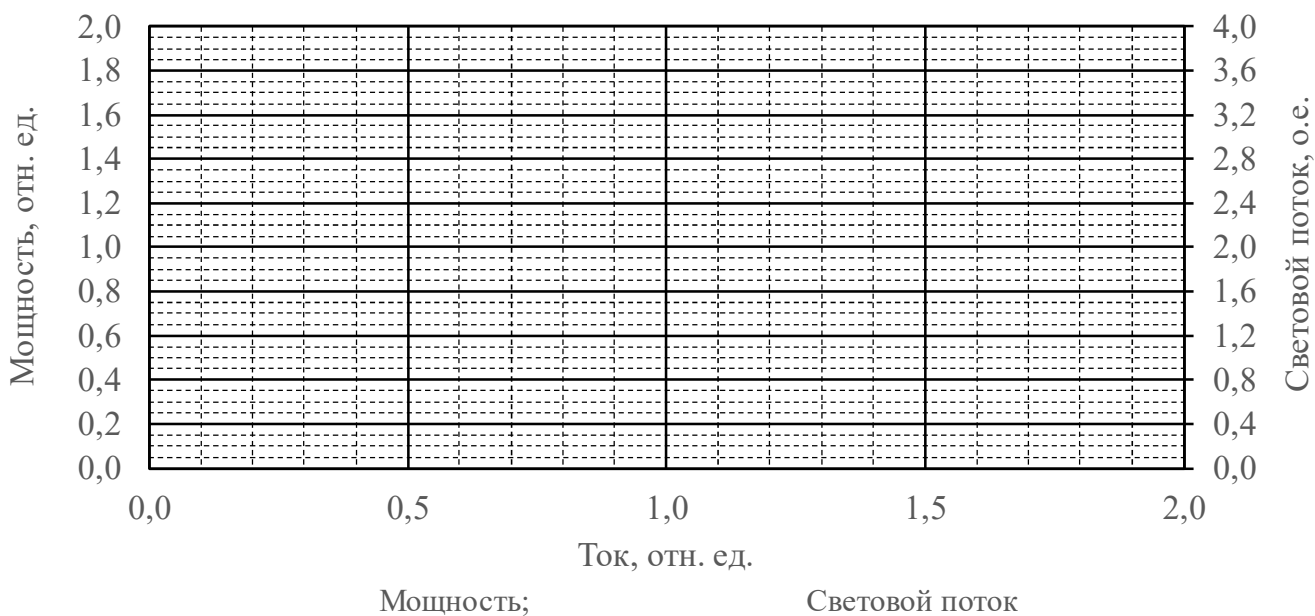


Рисунок 4.3 – Зависимости мощности и светового потока от тока светодиодных модулей

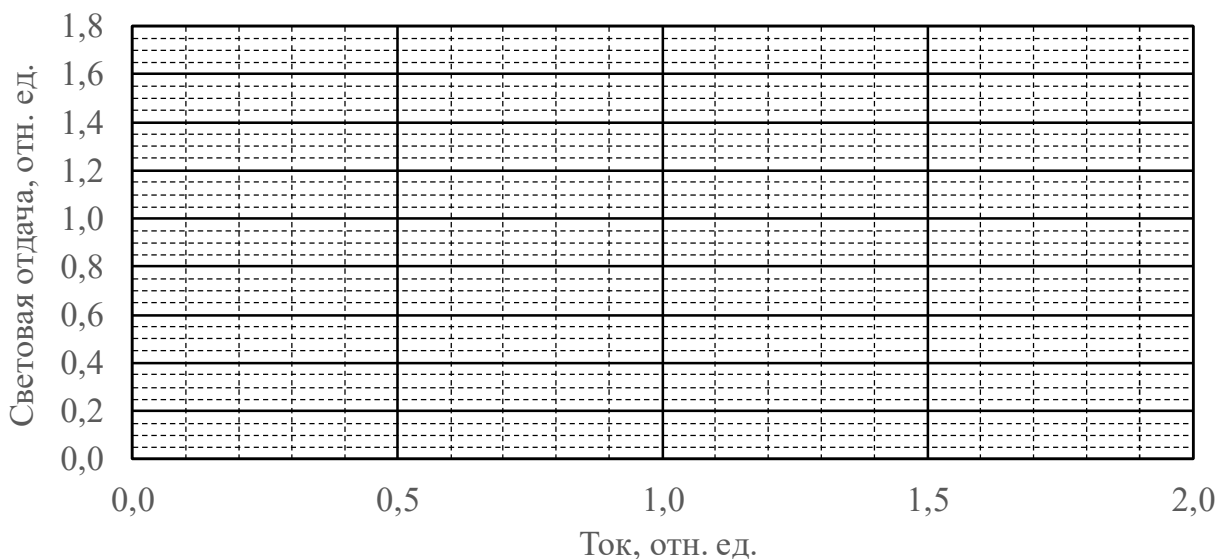


Рисунок 4.4 – Зависимость световой отдачи от тока светодиодных модулей

## 4.4 Заключение

При увеличении тока в цепи светодиодного модуля от 0 до [ ] номинального тока установлены следующие зависимости:

- 1) напряжение на контактах светодиодов в открытом состоянии изменяется [ ] интенсивно чем ток;
- 2) средний прирост светового потока в [ ] раза меньше прироста мощности;
- 3) световая отдача уменьшается со средней интенсивностью [ ] отн. ед./мА.

## 5 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТИПА СВЕТОРАССЕИВАТЕЛЯ НА ОСВЕЩЕННОСТЬ РАБОЧЕГО МЕСТА

### 5.1 Цель работы

Сравнить рассеиватели различного типа для светодиодного светильника по критерию освещенности рабочей поверхности и рассчитать потенциал энергоэффективности для этого мероприятия.

### 5.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для контроля освещенности представлен в таблице 5.1, электрическая схема и геометрическая модель осветительной установки для проведения экспериментов – на рисунках 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Термометр-гигрометр	
Рулетка измерительная	
Лабораторный автотрансформатор	
Электронный пускорегулирующий аппарат	
Световой короб	Со светодиодными модулями без ограждений
Рассеиватели	Матовый, прозрачные с рельефом: пин-спот, микропризма, призма, колотый лед

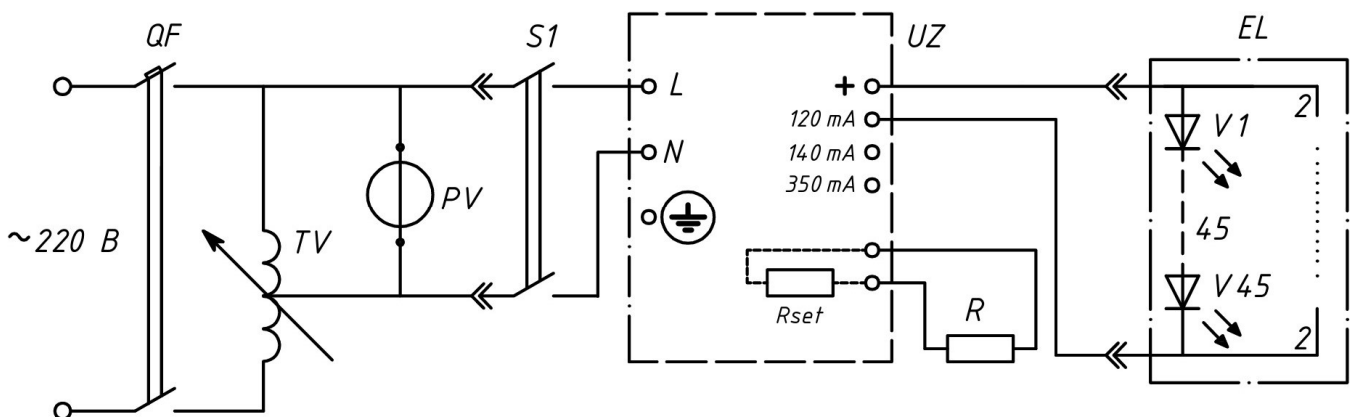


Рисунок 5.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки



Рисунок 5.2 – Геометрическая модель осветительной установки

### 5.3 Условия проведения и результат измерений

Условия измерения освещенности в контрольных точках 1 и 2 и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПа		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения		–	
Напряжение на контактах, В			–

Результаты измерения освещенности в контрольных точках 1 и 2 приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Освещенность для разных типов рассеивателей

Рассеиватель		Освещенность		
Номер	Тип	в контрольных точках, лк		относительная $\eta_{ксс}$ (графа 4 / графа 3)
		1	2	
1	2	3	4	5
1	Нет (без рассеивателя)			
2	Прозрачный колотый лед			
3	Прозрачный пин-спот			
4	Прозрачный призма			
5	Прозрачный микропризма наружу			
6	Прозрачный микропризма внутрь			
7	Матовый			

В таблице 5.4 представлен расчетный показатель энергоэффективности рассеивателей  $\eta_{ээ}$  (снижение потребляемой мощности при обеспечении одинаковой освещенности) для контрольной точки с минимальной освещенностью:

$$\eta_{ээ} = \left(1 - \frac{E_{\text{мин}j}}{E_{\text{мин}i}}\right) \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

где  $E_{\text{мин}j}$  – освещенность в контрольной точке 2 для  $j$ -го заменяемого рассеивателя, лк;  
 $E_{\text{мин}i}$  – освещенность в контрольной точке 2 для  $i$ -го замещающего рассеивателя, лк.

Таблица 3.4 – Матрица показателей энергоэффективности ламп

В процентах

Заменяемый рассеиватель		Замещающий рассеиватель номер						
Тип	Номер	1	2	3	4	5	6	7
Нет (без рассеивателя)	1							
Прозрачный колотый лед	2							
Прозрачный пин-спот	3							
Прозрачный призма	4							
Прозрачный микропризма наружу	5							
Прозрачный микропризма внутрь	6							
Матовый	7							

## 5.4 Заключение

Для практических задач выбора энергоэффективного типа рассеивателя по результатам инструментального контроля освещенности установлено:

- 1) из исследуемых образцов подобные кривые сил света имеют рассеиватели:

- 2) потенциал снижения расходов электроэнергии при замене матового рассеивателя на прозрачный составляет:

- без дополнительной проверки равномерности освещенности  %,
- с дополнительной проверкой равномерности освещенности  %.

## 6 СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ИМПУЛЬСНЫМ БЛОКОМ ПИТАНИЯ

### 6.1 Цель работы

Испытать светодиодный осветительный прибор с электронным пускорегулирующим аппаратом (ЭПРА) импульсного типа и определить влияние напряжения питания на основные электрические и световые характеристики.

### 6.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для испытания представлен в таблице 6.1, электрическая схема – на рисунке 6.1.

Таблица 6.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Амперметр	
Ваттметр	
Термометр-гигрометр	
Лабораторный автотрансформатор	
Пускорегулирующий аппарат	Электронный импульсного типа
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

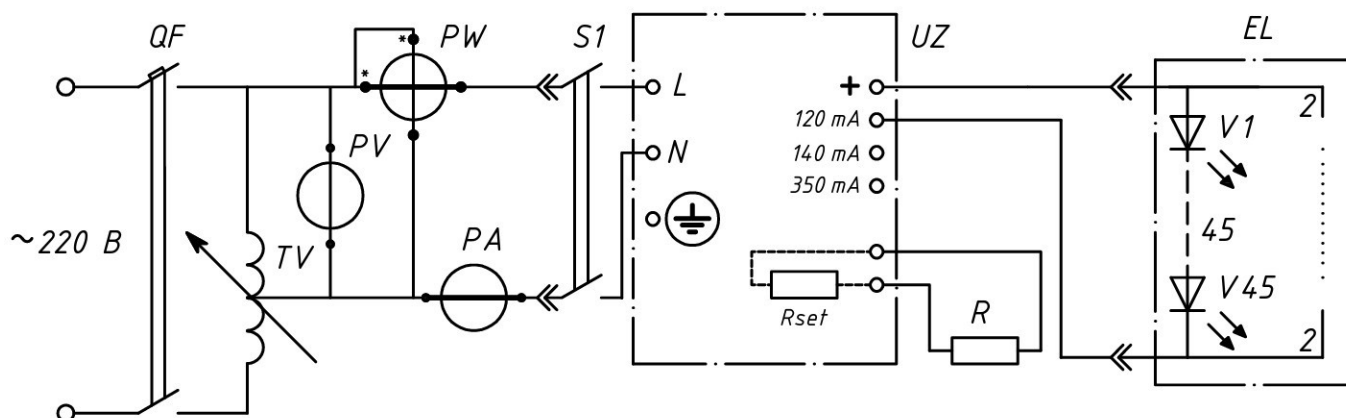


Рисунок 6.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

### 6.3 Условия проведения и результат испытаний

Условия измерения освещенности и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 6.2.

Полная мощность осветительного прибора в  $i$ -м измерении  $S_i$ , ВА

$$S_i = U_i I_i, \quad (6.1)$$

где  $U_i$  – напряжение на входных контактах ЭПРА в  $i$ -м измерении, В;

$I_i$  – ток во входной цепи ЭПРА в  $i$ -м измерении, А.

Таблица 6.2 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПА		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения		–	

Коэффициент мощности осветительного прибора в  $i$ -м измерении  $\lambda_i$

$$\lambda_i = P_i / S_i, \quad (6.2)$$

где  $P_i$  – активная мощность осветительного прибора в  $i$ -м измерении, Вт.

Относительный световой поток светодиодных модулей  $\phi_i$  определяется по формуле (4.1).

Относительная световая отдача осветительного прибора  $\eta_i$ , отн.ед.

$$\eta_i = \frac{E_i P_B}{P_i E_B}, \quad (6.3)$$

где  $P_B$  – активная мощность осветительного прибора в базовом измерении, Вт.

Результаты измерения электрических и световых характеристик осветительного прибора и расчетов по формулам (4.1), (6.1) – (6.3) приведены в таблице 6.3 и на рисунках 6.2 – 6.4.

Таблица 6.3 – Результаты измерения и расчетов электрических и световых характеристик осветительного прибора с ЭПРА

Номер измерения	$U_i$		$I_i$ , А	Мощность				$\lambda_i$	$E_i$ , лк	$\phi_i$ , отн.ед	$\eta_i$ , отн.ед
	В	отн.ед		$P_i$		$S_i$					
				Вт	отн.ед	ВА	отн.ед				
1	250	1,14									
2	240	1,09									
3	230	1,05									
4/базовое	220	1,00									
5	210	0,95									
6	200	0,91									
7	180	0,82									
8	160	0,73									
9	140	0,64									
10	120	0,55									
11	100	0,45									
12	80	0,36									



Рисунок 6.2 – Зависимости активной и полной мощностей от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭПРА



Рисунок 6.3 – Зависимости активной мощности светового потока от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭПРА

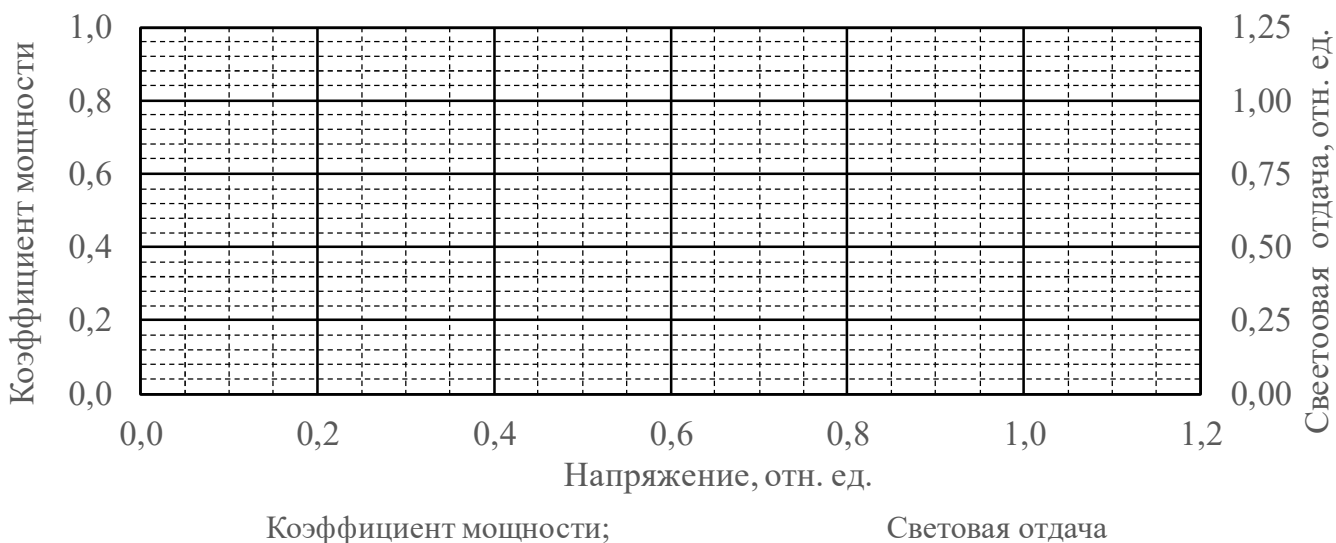


Рисунок 6.4 – Зависимости коэффициентов энергоэффективности от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭПРА

Статические характеристики активной и полной мощности по напряжению для испытываемого осветительного прибора с ЭПРА импульсного типа, а также аппроксимирующее выражение зависимости светового потока от напряжения, получены путем регрессионного анализа данных в ПО Microsoft Excel и представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Аппроксимирующие выражения зависимостей электрических и световых характеристик светодиодного осветительного прибора с ЭПРА импульсного типа (в диапазоне напряжений от 200 до 250 В)

Зависимая величина	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент детерминации $R^2$
Активная мощность $P$		
Полная мощность $S$		
Световой поток $\Phi$		

Примечание – индексом «н» обозначены величины при номинальном напряжении.

## 6.4 Заключение

По результатам испытания светодиодного осветительного прибора с ЭПРА импульсного типа получены следующие зависимости:

- 1) диапазон напряжений работоспособного состояния: [ ] В;
- 2) потребляемая активная мощность, световой поток [ ]  
в диапазоне напряжений [ ] % номинального напряжения:
  - изменение активной мощности на [ ] % на 1% изменения напряжения;
  - изменение светового потока на [ ] % на 1 % изменения напряжения;
- 3) показатель энергоэффективности – световая отдача [ ]  
в диапазоне напряжений [ ] % номинального напряжения;
- 4) полная мощность с увеличением напряжения [ ], коэффициент мощности [ ].

## 7 СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ДРОССЕЛЬНЫМ БЛОКОМ ПИТАНИЯ

### 7.1 Цель работы

Испытать светодиодный осветительный прибор с электромагнитным пускорегулирующим аппаратом (ЭмПРА) и определить влияние напряжения питания на основные электрические и световые характеристики.

## 7.2 Перечень приборов и оборудования

Перечень измерительных приборов, оборудования и инструментов для испытания представлен в таблице 7.1, электрическая схема – на рисунке 7.1.

Таблица 7.1 – Измерительные приборы, оборудование и инструменты

Наименование	Модель
Люксметр	
Вольтметр	
Амперметр	
Ваттметр	
Термометр-гигрометр	
Лабораторный автотрансформатор	
Пускорегулирующий аппарат	Электромагнитный, дроссель «Победа»
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

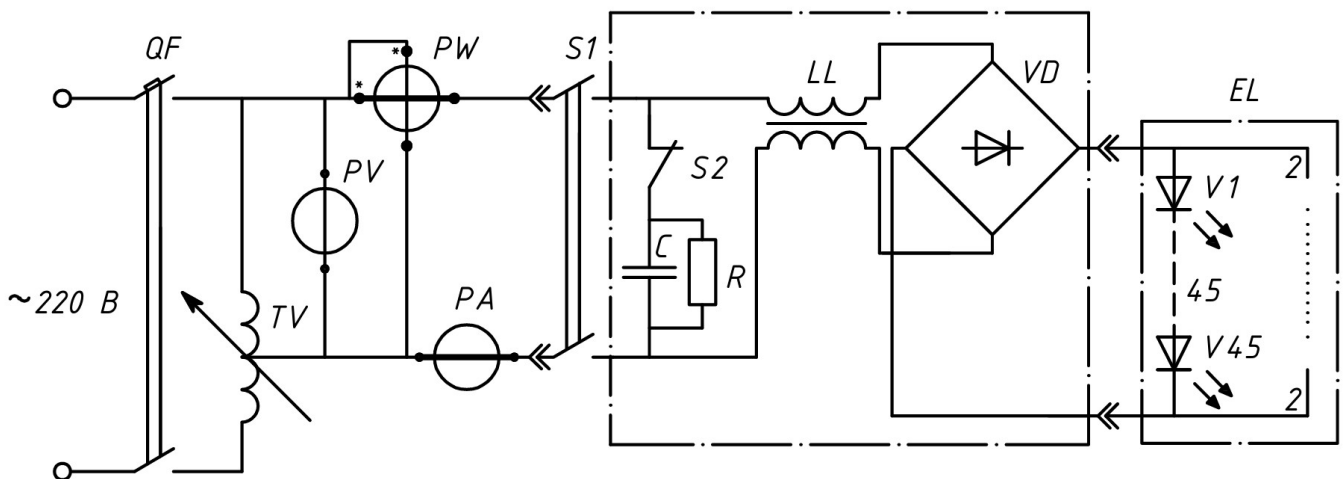


Рисунок 7.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

## 7.3 Условия проведения и результат испытаний

Условия измерения освещенности и их влияние на значения, измеренные люксметром, приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Условия измерения

Показатель	Значение	Влияние на измеренные значения освещенности	
		Корректировка	Дополнительная погрешность
Температура воздуха, °С		–	
Относительная влажность, %		–	–
Атмосферное давление, кПА		–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк			–
Фон от естественного освещения		–	

Полная мощность, коэффициент мощности и относительная световая отдача осветительного прибора в  $i$ -м измерении рассчитываются по формулам (6.1) – (6.3). Относительный световой поток светодиодных модулей  $\phi_i$  определяется по формуле (4.1).

Результаты измерения электрических и световых характеристик осветительного прибора и расчетов приведены в таблице 7.3 и на рисунках 7.2 – 7.4.

Таблица 7.3 – Результаты измерения и расчетов электрических и световых характеристик осветительного прибора с ЭМПРА

Номер измерения	$U_i$		$I_i, A$	Мощность				$\lambda_i$	$E_i, лк$	$\phi_i, отн.ед$	$\eta_i, отн.ед$
	В	отн.ед		$P_i$		$S_i$					
				Вт	отн.ед	ВА	отн.ед				
1	250	1,14									
2	240	1,09									
3	230	1,05									
4/базовое	220	1,00									
5	210	0,95									
6	200	0,91									
7	180	0,82									
8	160	0,73									
9	140	0,64									
10	120	0,55									
11	100	0,45									
12	80	0,36									

Статические характеристики активной и полной мощности по напряжению для испытываемого осветительного прибора с ЭМПРА, а также аппроксимирующее выражение зависимости светового потока от напряжения, получены путем регрессионного анализа данных в ПО Microsoft Excel и представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Аппроксимирующие выражения зависимостей электрических и световых характеристик светодиодного осветительного прибора с ЭМПРА (в диапазоне напряжений от 200 до 250 В)

Зависимая величина	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент детерминации $R^2$
Активная мощность $P$		
Полная мощность $S$		
Световой поток $\Phi$		

Примечание – индексом «н» обозначены величины при номинальном напряжении.



Рисунок 7.2 – Зависимости активной и полной мощностей от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭмПРА



Рисунок 7.3 – Зависимости активной мощности светового потока от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭмПРА

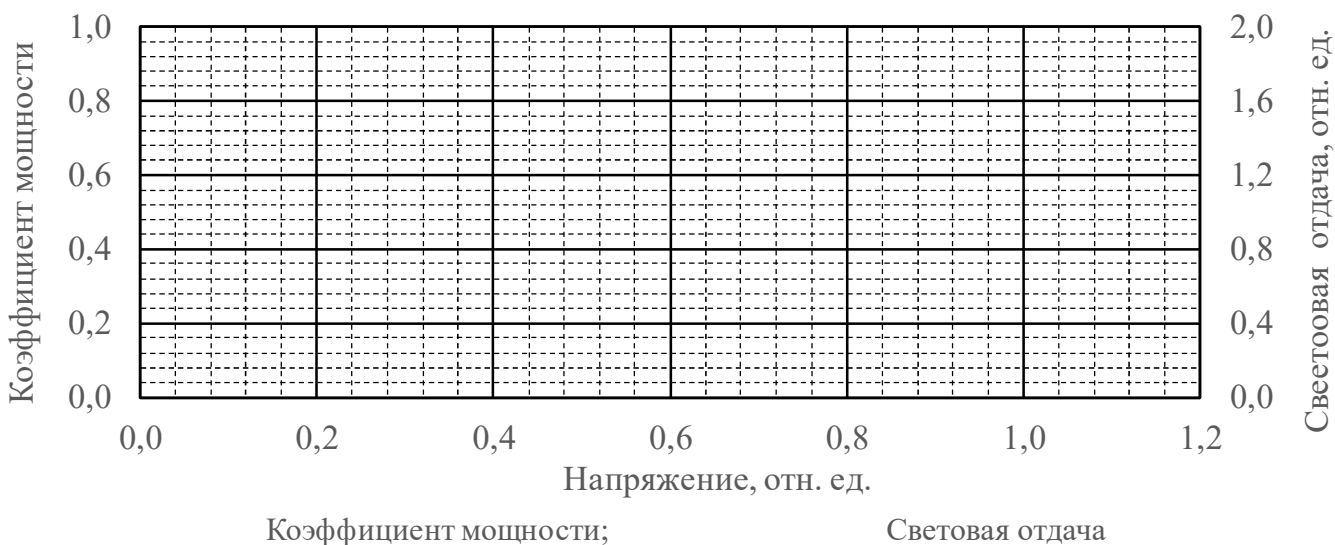


Рисунок 7.4 – Зависимости коэффициентов энергоэффективности от напряжения для светодиодного осветительного прибора с ЭмПРА

## 7.4 Заключение

По результатам испытания светодиодного осветительного прибора с ЭмПРА получены следующие зависимости:

- 1) диапазон напряжений работоспособного состояния:  В;
- 2) потребляемая активная мощность, световой поток   
в диапазоне напряжений  % номинального напряжения:
  - изменение активной мощности на  % на 1% изменения напряжения;
  - изменение светового потока на  % на 1 % изменения напряжения;
- 3) показатель энергоэффективности – световая отдача   
в диапазоне напряжений  % номинального напряжения;
- 4) полная мощность с увеличением напряжения , коэффициент мощности .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СН 2.04.03-2020 Строительные нормы Республики Беларусь. Естественное и искусственное освещение = Натуральнае і штучнае асвятленне. – С Изм. №1. – С отменой ТКП 45-2.04-153-2009 (02250); введ. 30.10.2020.

2 Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий» [Электронный ресурс]: утв. Совет. М-ров Респ. Беларусь 25.01.21 : введ. 06.06.2021 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 05.03.2021, 5/48783 – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> – Дата доступа : 08.02.2026.

3 ГОСТ 24940-2016. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности (EN 12464-1:2011, NEQ), (EN 12464-2:2014, NEQ), (EN 13201-3:2015, NEQ), (EN 13201-4:2015, NEQ) – Взамен ГОСТ 24940-96; с отменой СТБ EN 13201-3-2011, СТБ EN 13201-4-2011; введ. 01.04.2018

4 СанПиН 1.2.3685-21 Санитарные правила и нормы "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Электронный ресурс]: утв. Глав. гос. сан. врач РФ 28.01.21 : введ. 01.03.2021 – Режим доступа : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022?pageSize=10&index=35> – Дата доступа : 08.02.2026.

5 СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – С Изм №1, изм. №2. – Взамен СП 52.13330.2011; введ. 08.05.2017.

Лабораторные работы соответствуют учебной программе  
для специальности 7-07-0712-01 «Электроэнергетика и электротехника»  
(очная форма обучения).

Составил – И.С. Е в д а с ё в, доцент кафедры «Локомотивы»  
учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», к.т.н.