

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

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

Выполнил:  
студент группы МЭС-41  
уч. шифр: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **И.И. Иванов**  
подпись, дата

## 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	В7-77
Рулетка измерительная	PROLINE 5m
Термометр-гигрометр	DD-12980

## 1.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки

Контроль осветительной установки аудитории 9999.

Характеристики зрительной работы:

- объект различения – точка  
при письме  
или чтении
- размер объекта различения  $x$  – 0,25x0,25 мм
- расстояние от глаз до объекта различения  $l$  – до 500 мм
- угловой размер объекта различения  $\alpha = 60 \arctg(x/l) = 60 \arctg(0,25/500) = 1,7$  мин
- эквивалентный минимальный размер объекта различения  $x_{\text{экр}} = l \text{tg}(\alpha/60) = 500 \text{tg}(1,7/60) = 0,25$  мм
- рабочее место – парта
- расположение условной рабочей/их поверхностей горизонтальное  
на высоте 0,8 м
- 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 А – 2

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:

14
14
ЛПО 2x36
4
люминесцентная лампа
электронный

- 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	400	400
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	504	400
- совмещенного освещения	630	500
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.

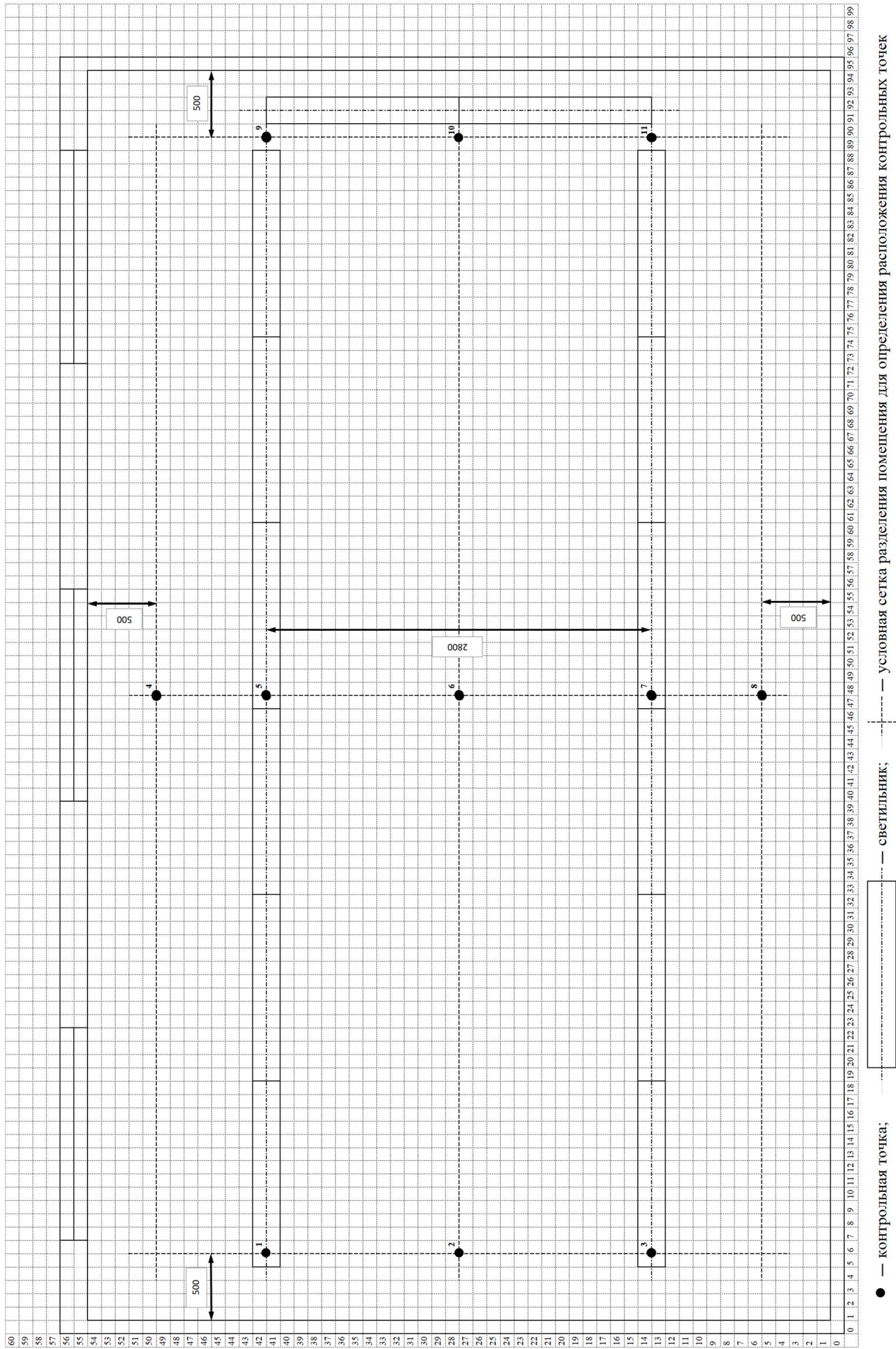


Рисунок 1.1 – Схема расположения точек измерения освещенности

## 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	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	1	$E_{изм} - 1$	–
Фон от естественного освещения $e_{фон} = E_e / (E_{изм} - E_e) < 0,1$	0,08	–	0÷8 %
Напряжение в осветительном щите, В:		$\frac{U_{ном}}{U_{ном} - K(U_{ном} - (U_1 + U_2)/2)} =$ $= \frac{220}{220 - 1(220 - (232 + 231)/2)} =$ $= 0,95$	
- до измерений $U_1$	232		
- после измерений $U_2$	231		
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	551	550	523				
2	572	571	542				
3	560	559	531				
4	615	614	583				
5	657	656	623				
6	678	677	643				
7	663	662	629				
8	633	632	600				
9	681	680	646				
10	713	712	676				
11	693	692	657				

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 $n$ -го измерения					Расчетная формула
	1	2	3	4	5	
Освещенность, лк:						
- измеренная $E_{измi}$	551	555	547	548	550	
- скорректированная на:						
а) темновой сигнал $E_i$	550	554	546	547	549	
б) напряжение $E_{\phi i}$	523	526	519	520	522	
- среднее арифметическое из $n$ измерений	522					$\bar{E}_{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{\phi i}$
Стандартная неопределенность, лк:						
- по типу А	1					$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{\phi i} - \bar{E}_{\phi})^2}{n(n-1)}}$
- по типу В для:						
1) основной относительной погрешности люксметра ( $b_o = \pm 6\%$ )	18					$u_{Bo} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_o}{100 \sqrt{3}}$
2) температуры воздуха ( $b_t = \pm 3\%$ на каждые $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ от $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	–					$u_{Bt} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_t}{100 \sqrt{3}}$
3) пространственной характеристики фотометрической головки ( $b_c$ см. рисунок 1.2)	5 (7 точек – угол 5 град., 2 – 20 град., 2 – 30 град. Средняя $b_c = \pm 1,6\%$ )					$u_{Bc} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_c}{100 \sqrt{3}}$
4) фона от естественного освещения ( $b_{\phi} = e_{фон} 100\%$ , таблица 1.3)	12					$u_{B\phi} = \frac{\bar{E}_{\phi} b_{\phi} - 0}{200 \sqrt{3}}$
- суммарная	22					$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_{Bo}^2 + u_{Bt}^2 + u_{Bc}^2 + u_{B\phi}^2}$
Расширенная неопределенность для вероятности $p = 0,95$ ( $k = 2^*$ )	44					$U_C = k u_C$
* При предположении о нормальном законе распределения измеряемых величин						

### 1.7 Заключение

По результатам инструментального контроля установлено:

- фактическая освещенность

$$\bar{E}_{\phi} - U_C = 522 - 44 = 478 \text{ лк} < E_{нк} = 504 \text{ лк};$$

- осветительная установка требованиям

СН 2.04.03-2020



соответствует  
не соответствует

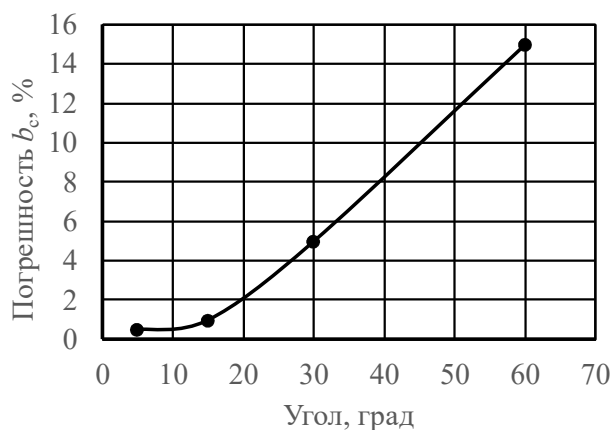


Рисунок 1.2 – Косинусная погрешность

## 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	B7-77
Рулетка измерительная	PROLINE 5m
Термометр-гигрометр	DD-12980

### 2.3 Характеристика зрительной работы и осветительной установки

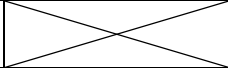
Контроль осветительной установки аудитории 9999

Характеристика осветительной установки и зрительной работы в соответствии с лабораторной работой №1. Разряд и подразряд зрительной работы А – 2

### 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	400	
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	507	400
- совмещенного освещения	634	500
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  $9,4 \times 5,4$  м с отступом от стен  $0,5$  м габаритный размер зоны измерений равен:  $8,4$  м.

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

$$p_i = 0,2 \cdot 5^{\lg(8,4)} = 0,9 \text{ м} \leq 10 \text{ м}.$$

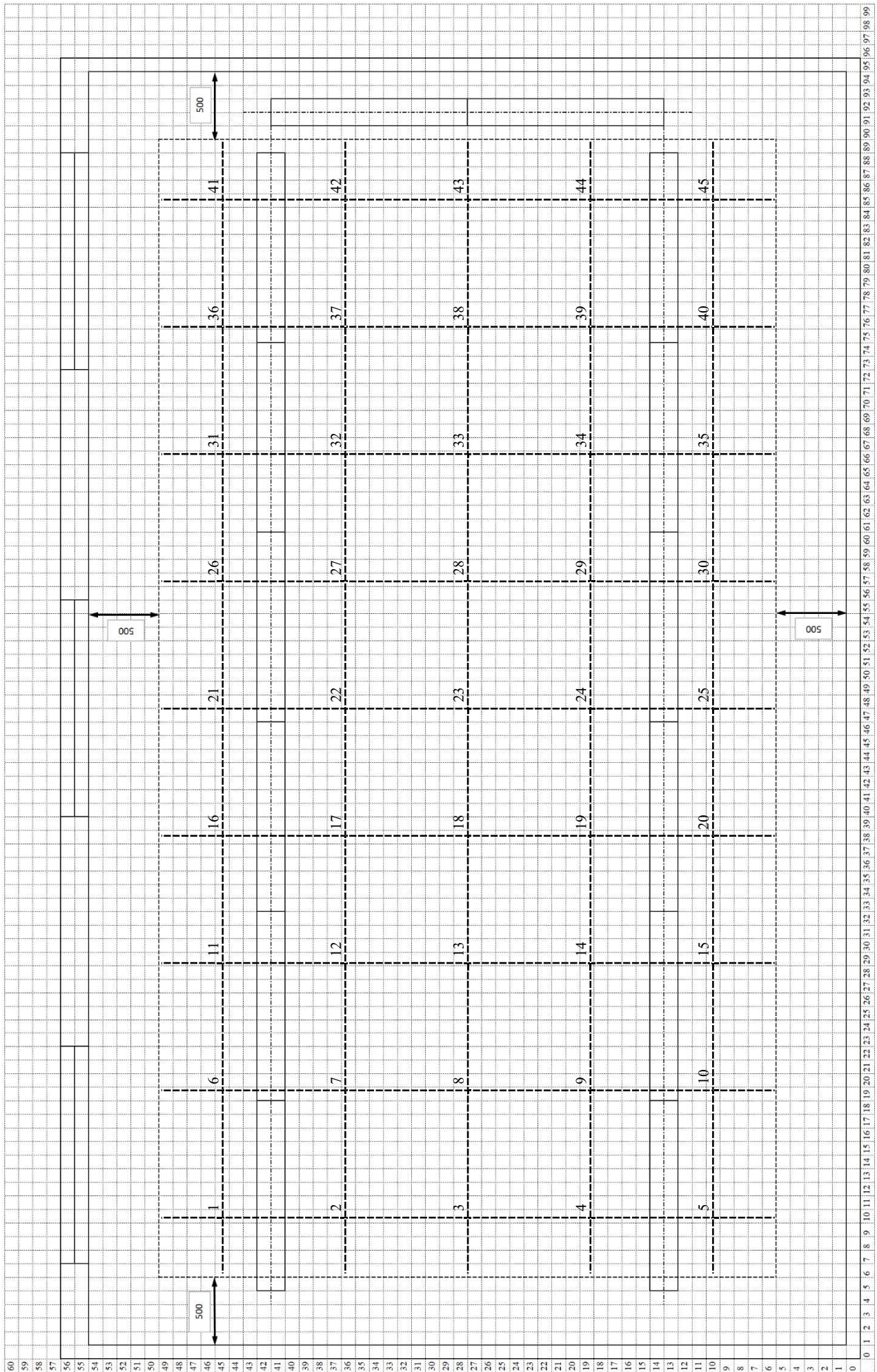
Количество контрольных точек  $9 \times 5$ .

Реальный размер ячейки  $0,93 \times 0,88$  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.



1 — 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	22	–	нет
Относительная влажность, %	38	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения $e_{фон} = E_e / (E_{изм} - E_e) < 0,1$	0,09	–	0÷9 %
Напряжение в осветительном щите, В:		$\frac{U_{ном}}{U_{ном} - K(U_{ном} - (U_1 + U_2)/2)} =$	
- до измерений $U_1$	222		–
- после измерений $U_2$	223	нет	

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 $E_{ф}$
1	523	–	523
2	530	–	530
3	535	–	535
4	533	–	533
5	528	–	528
6	549	–	549
7	556	–	556
8	561	–	561
9	559	–	559
10	554	–	554
11	575	–	575
12	582	–	582
13	587	–	587
14	585	–	585
15	580	–	580
16	601	–	601
17	608	–	608
18	613	–	613
19	611	–	611
20	606	–	606
21	627	–	627



### 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	В7-77
Ваттметр	Энергомонитор 3.3Т
Рулетка измерительная	PROLINE 5m
Термометр-гигрометр	DD-12980
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-1М
Светильник	С непросвечивающим отражателем и положительным защитным углом

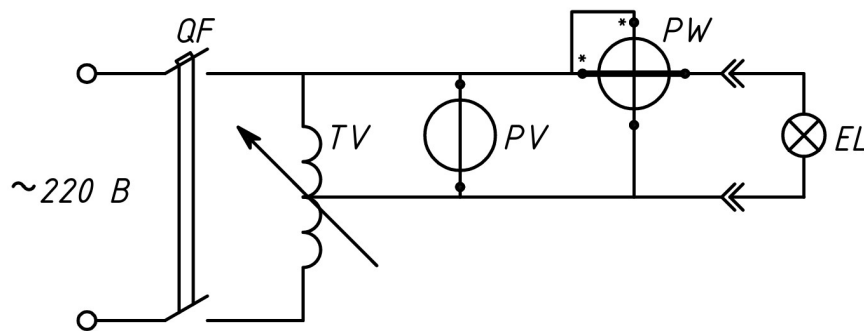


Рисунок 3.1 – Схема электрическая принципиальная осветительной установки

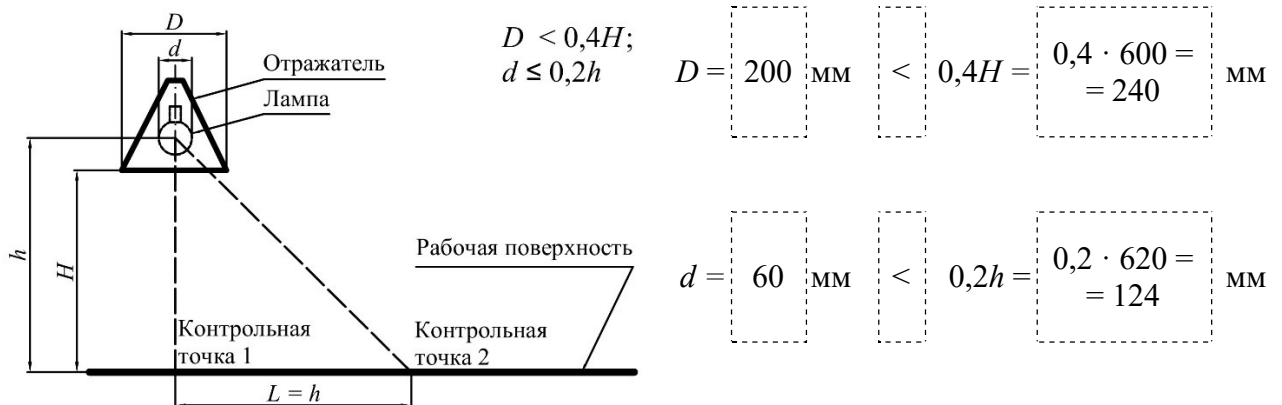


Рисунок 3.2 – Геометрическая модель осветительной установки

### 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	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения	0,02	–	0±2 %
Напряжение на контактах, В	230	нет	–

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	
			в контрольных точках, лк		относительная $\eta_{ксс}$ (графа 5 / графа 4)	E/P, лк/Вт, для контрольной точки	
Номер	Тип		1	2			1
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Накаливания общего назначения Б225-235-60	62,5	1490	567	0,38	23,8	9,1
2	Компактная люминесцентная 4U-10W	9,2	941	428	0,45	102,3	46,5
3	Светодиодная А-6-4000	5	1180	450	0,38	236,0	90,0
4	Светодиодная LED-60-10W	9,5	1905	691	0,36	200,5	72,7
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				
Тип	Номер	1	2	3	4	5
Накаливания общего назначения Б225-235-60	1		77	90	88	
			80	90	87	
Компактная люминесцентная 4U-10W	2	-330		57	49	
		-411		48	36	
Светодиодная А-6-4000	3	-892	-131		-18	
		-889	-94		-24	
Светодиодная LED-60-10W	4	-742	-96	15		
		-699	-56	19		
	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:

- для лампы накаливания Б225-235-60 – компактная люминесцентная лампа 4U-10W и светодиодные лампы А-6-4000 и LED-60-10W;
- для остальных ламп – нет образцов.

2) потенциал снижения расходов электроэнергии при замене лампы накаливания на светодиодную лампу составляет от 87 до 90 %.

## 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	В7-77
Амперметр	В7-77
Термометр-гигрометр	DD-12980
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-1М
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

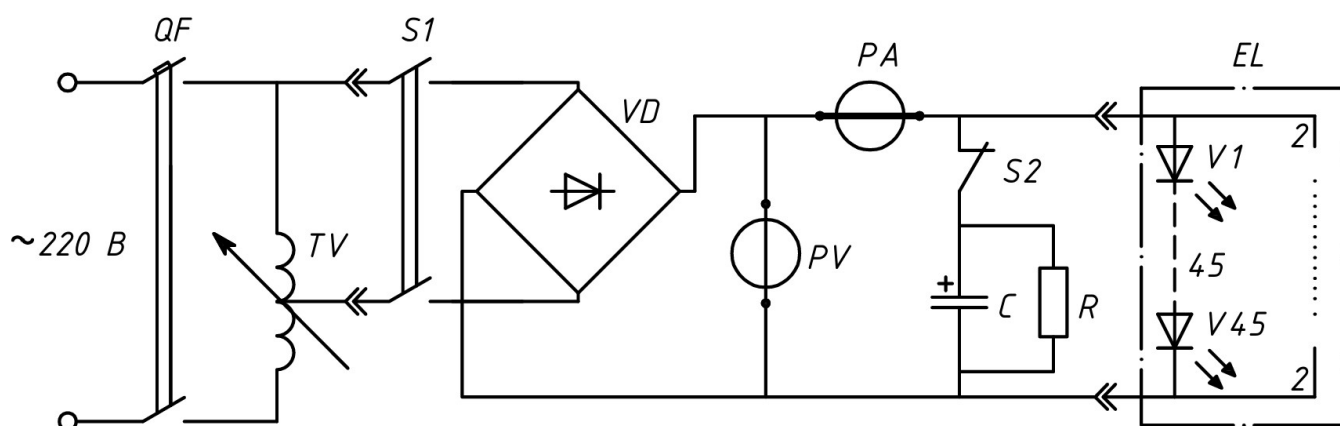


Рисунок 4.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

### 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, $^{\circ}\text{C}$	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения	0	–	нет

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	0,00	107	0,75	0,001	0,00	0,2	0,00	–
2	1	$3 \cdot 10^{-3}$	112	0,78	0,1	$2 \cdot 10^{-3}$	28	$2 \cdot 10^{-3}$	1,11
3	10	0,03	117	0,82	1,2	0,02	410	0,04	1,55
4	55	0,16	123	0,86	6,8	0,13	2200	0,19	1,44
5	105	0,30	128	0,90	13,4	0,27	4070	0,36	1,34
6	143	0,41	131	0,92	18,7	0,37	5380	0,48	1,27
7	202	0,58	135	0,94	27,3	0,54	7310	0,65	1,19
8	248	0,71	138	0,97	34,2	0,68	8650	0,76	1,12
9	306	0,87	141	0,99	43,1	0,86	10230	0,90	1,05
10/базовое	351	1,00	143	1,00	50,2	1,00	11320	1,00	1,00
11	403	1,15	146	1,02	58,8	1,17	12480	1,10	0,94
12	457	1,30	149	1,04	68,1	1,36	13570	1,20	0,88
13	502	1,43	151	1,06	75,8	1,51	14450	1,28	0,85
14	553	1,58	153	1,07	84,6	1,69	15170	1,34	0,79
15	607	1,73	155	1,08	94,1	1,87	15800	1,40	0,74

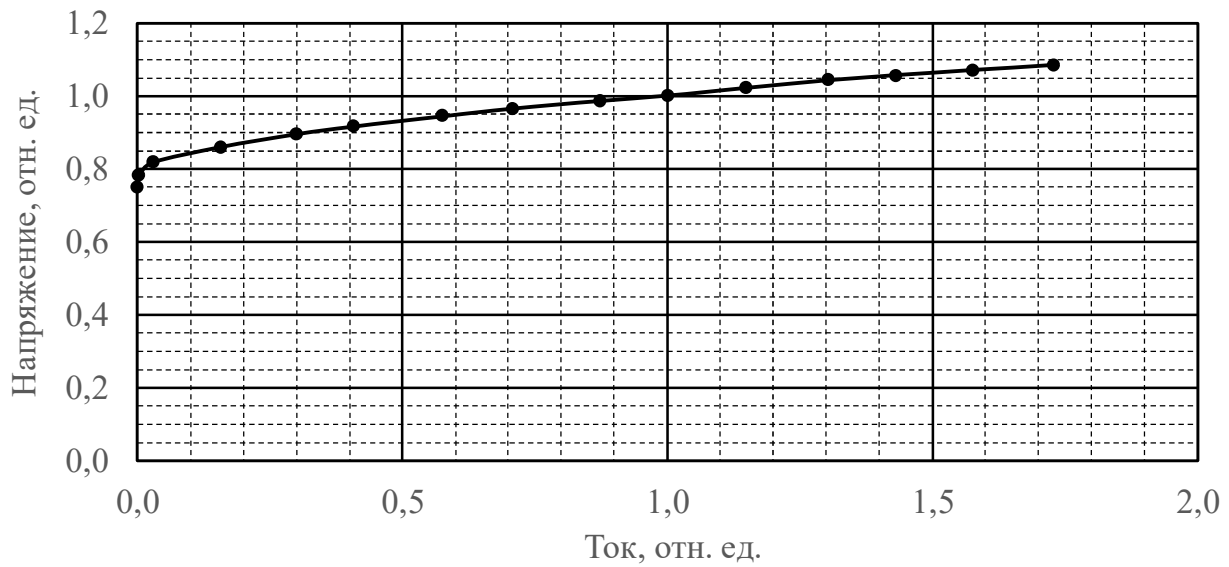


Рисунок 4.2 – Зависимость напряжения от тока светодиодных модулей

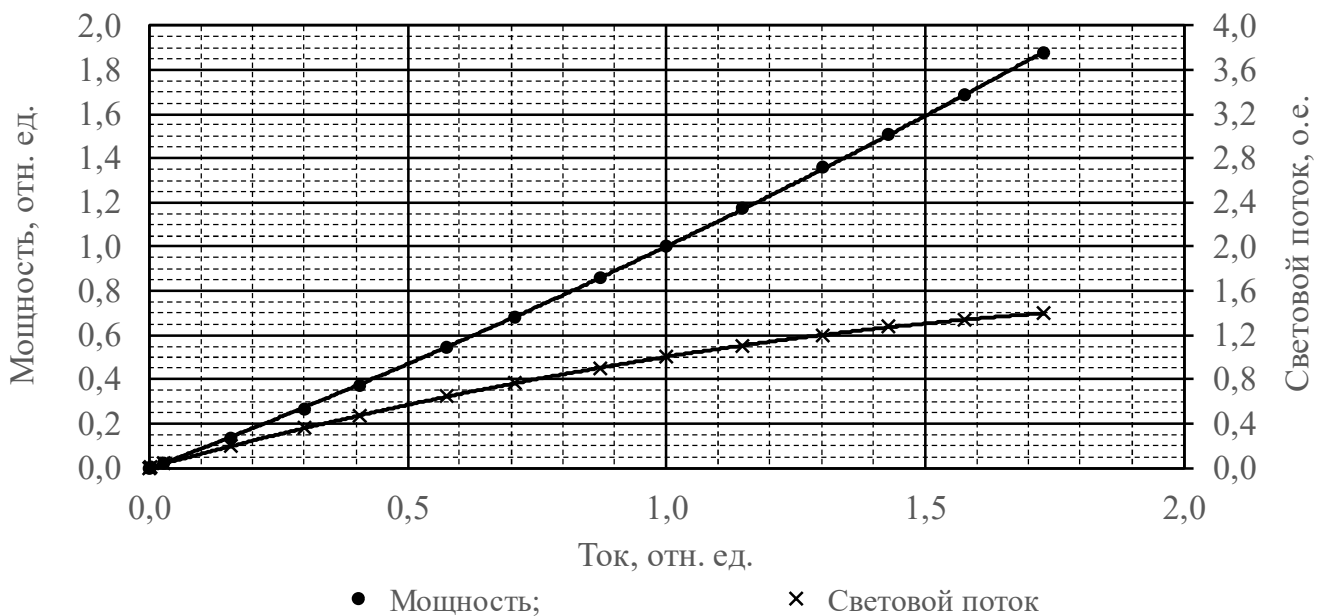


Рисунок 4.3 – Зависимости мощности и светового потока от тока светодиодных модулей

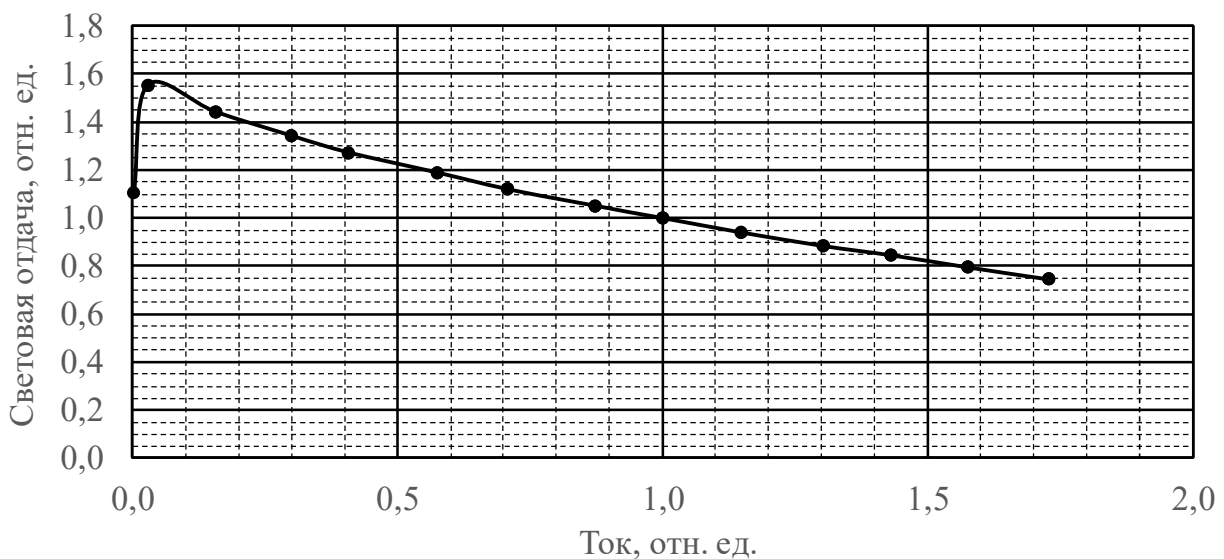


Рисунок 4.4 – Зависимость световой отдачи от тока светодиодных модулей

## 4.4 Заключение

При увеличении тока в цепи светодиодного модуля от 0 до 1,7 номинального тока установлены следующие зависимости:

- 1) напряжение на контактах светодиодов в открытом состоянии изменяется менее интенсивно чем ток;
- 2) средний прирост светового потока в 1,3 раза меньше прироста мощности;
- 3) световая отдача уменьшается со средней интенсивностью 0,0013 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	В7-77
Термометр-гигрометр	DD-12980
Рулетка измерительная	PROLINE 5m
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-1М
Электронный пускорегулирующий аппарат	HELVAR
Световой короб	Со светодиодными модулями без ограждений
Рассеиватели	Матовый, прозрачные с рельефом: пин-спот, микропризма, призма, колотый лед

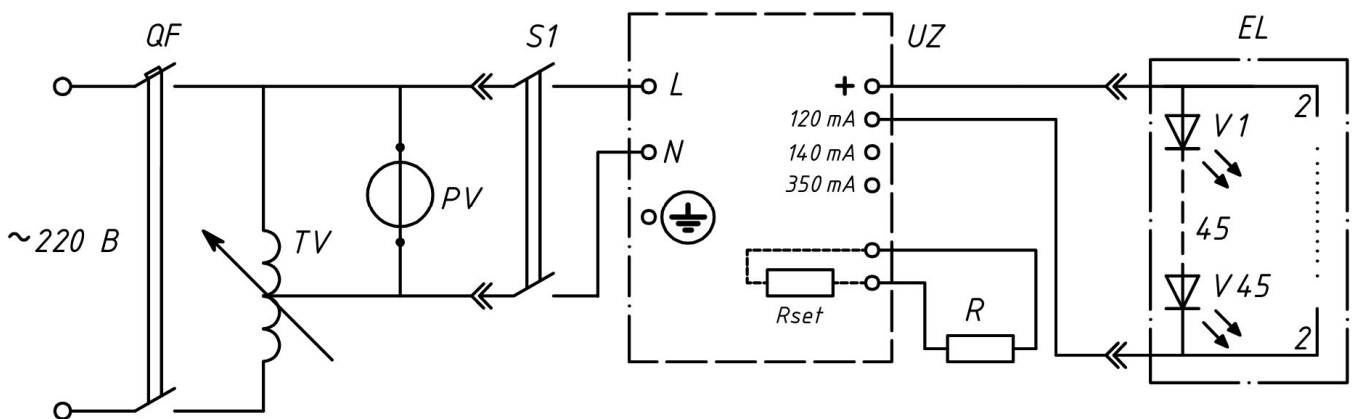


Рисунок 5.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

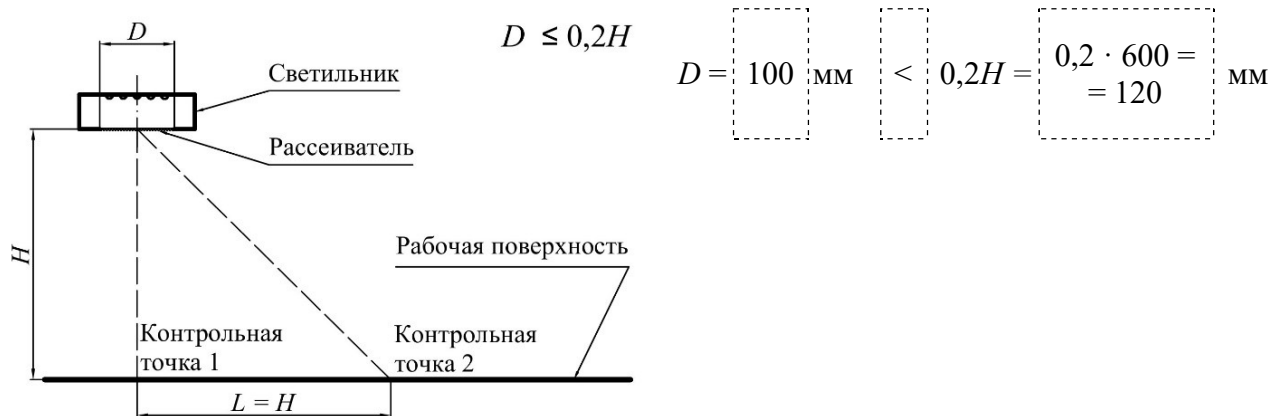


Рисунок 5.2 – Геометрическая модель осветительной установки

### 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	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения	0,06	–	0÷6 %
Напряжение на контактах, В	220	нет	–

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)	141	55	0,39
2	Прозрачный колотый лед	136	46	0,34
3	Прозрачный пин-спот	132	47	0,36
4	Прозрачный призма	145	46	0,32
5	Прозрачный микропризма наружу	150	41	0,27
6	Прозрачный микропризма внутрь	96	41	0,43
7	Матовый	84	35	0,42

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

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

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						
Тип	Номер	1	2	3	4	5	6	7
Нет (без рассеивателя)	1		-20	-17	-20	-34	-34	-57
Прозрачный колотый лед	2	16		2	0	-12	-12	-31
Прозрачный пин-спот	3	15	-2		-2	-15	-15	-34
Прозрачный призма	4	16	0	2		-12	-12	-31
Прозрачный микропризма наружу	5	25	11	13	11		0	-17
Прозрачный микропризма внутрь	6	25	11	13	11	0		-17
Матовый	7	36	24	26	24	15	15	

## 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:

- прозрачный микропризма внутрь и матовый.

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

- без дополнительной проверки равномерности освещенности 15 %,  
 - с дополнительной проверкой равномерности освещенности от 15 до 26 %.

## 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	Энергомонитор 3.3.Т
Амперметр	То же
Ваттметр	"
Термометр-гигрометр	DD-12980
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-1М
Пускорегулирующий аппарат	Электронный импульсного типа HELVAR
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

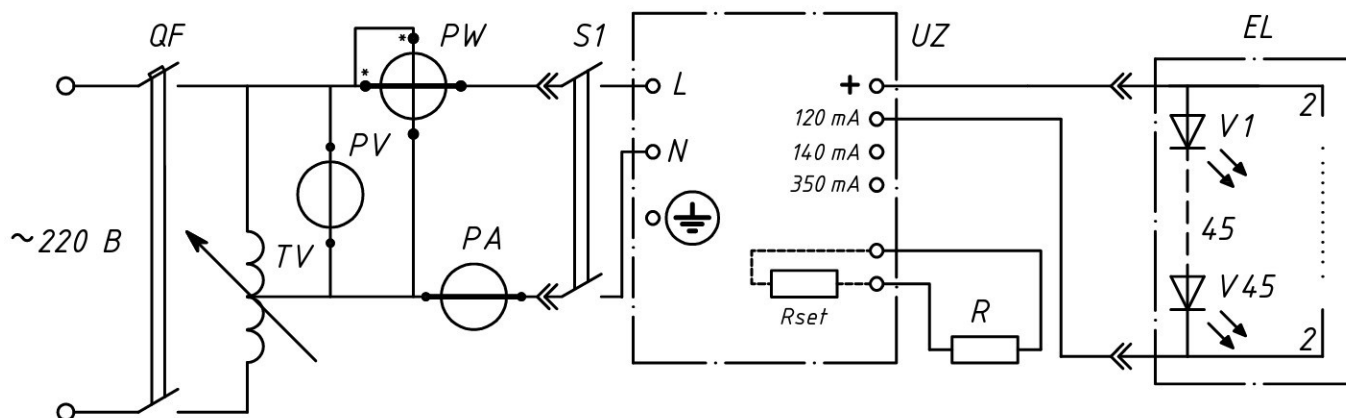


Рисунок 6.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

### 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	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения	0	–	нет

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
				$P_i$		$S_i$					
				Вт	отн.ед	ВА	отн.ед				
1	250	1,14	0,07	15,5	0,99	17,5	0,99	0,89	49	1,00	1,01
2	240	1,09	0,07	15,5	0,99	16,8	0,95	0,92	49	1,00	1,01
3	230	1,05	0,08	15,5	0,99	18,4	1,05	0,84	49	1,00	1,01
4/базовое	220	1,00	0,08	15,6	1,00	17,6	1,00	0,89	49	1,00	1,00
5	210	0,95	0,08	15,7	1,01	16,8	0,95	0,93	49	1,00	0,99
6	200	0,91	0,08	15,7	1,01	16,0	0,91	0,98	49	1,00	0,99
7	180	0,82	0,09	15,7	1,01	16,2	0,92	0,97	49	1,00	0,99
8	160	0,73	0,10	15,8	1,01	16,0	0,91	0,99	48	0,98	0,97
9	140	0,64	0,12	15,8	1,01	16,8	0,95	0,94	47	0,96	0,95
10	120	0,55	0,13	15,6	1,00	15,6	0,89	1,00	46	0,94	0,94
11	100	0,45	0,16	16,0	1,03	16,0	0,91	1,00	45	0,92	0,90
12	80	0,36	–	–	–	–	–	–	–	–	–

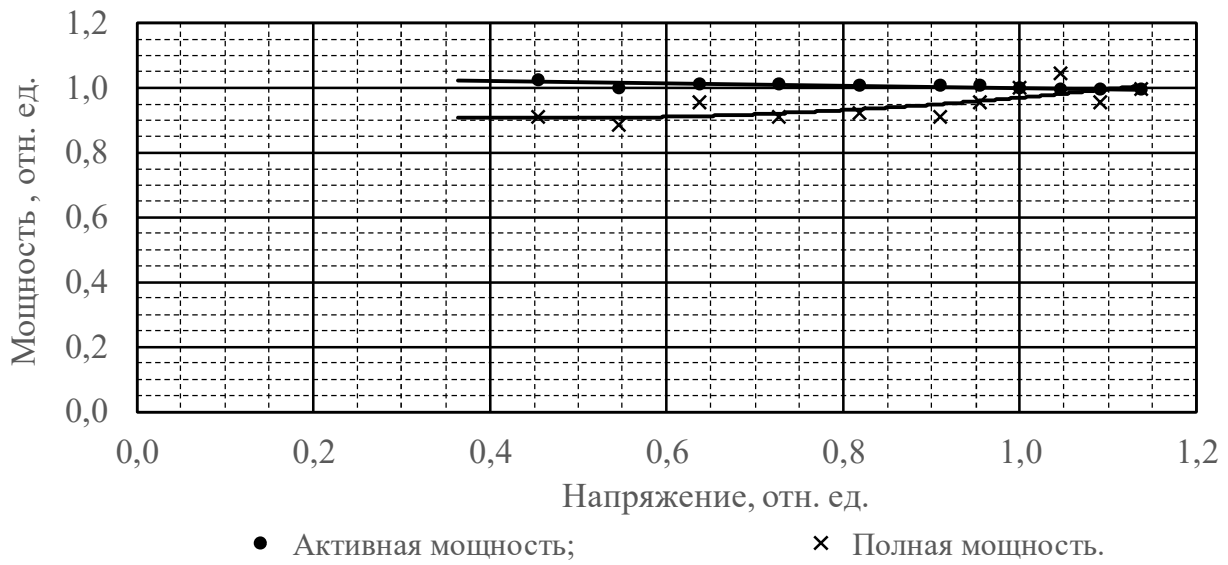


Рисунок 6.2 – Зависимости активной и полной мощностей от напряжения

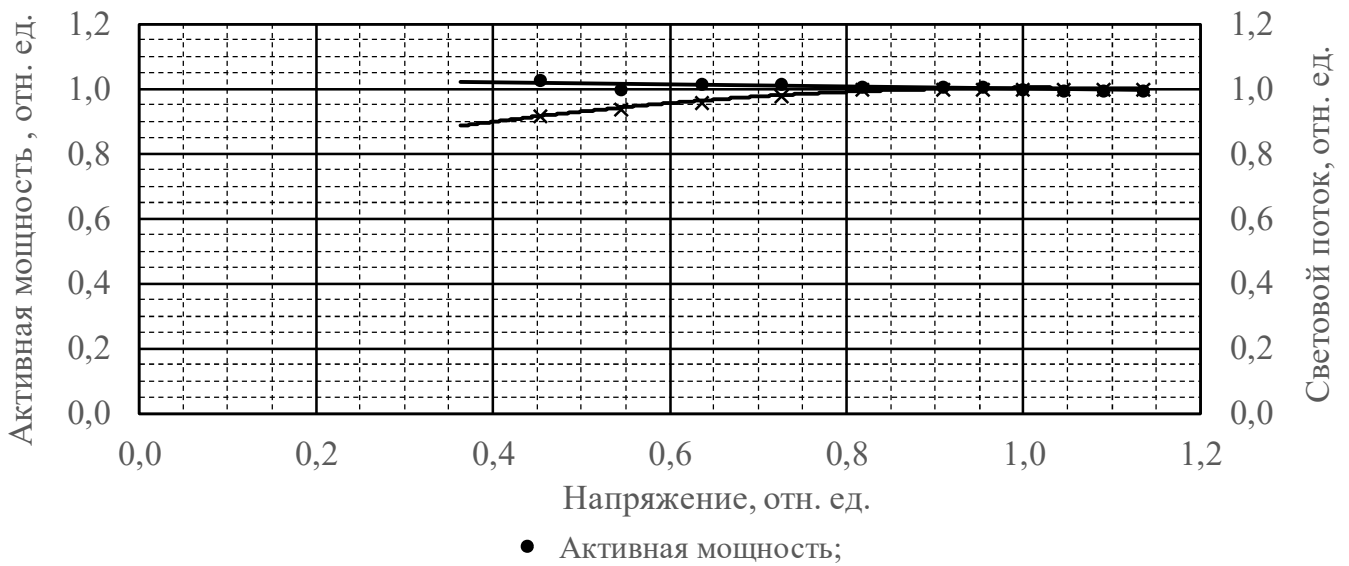


Рисунок 6.3 – Зависимости активной мощности светового потока от напряжения

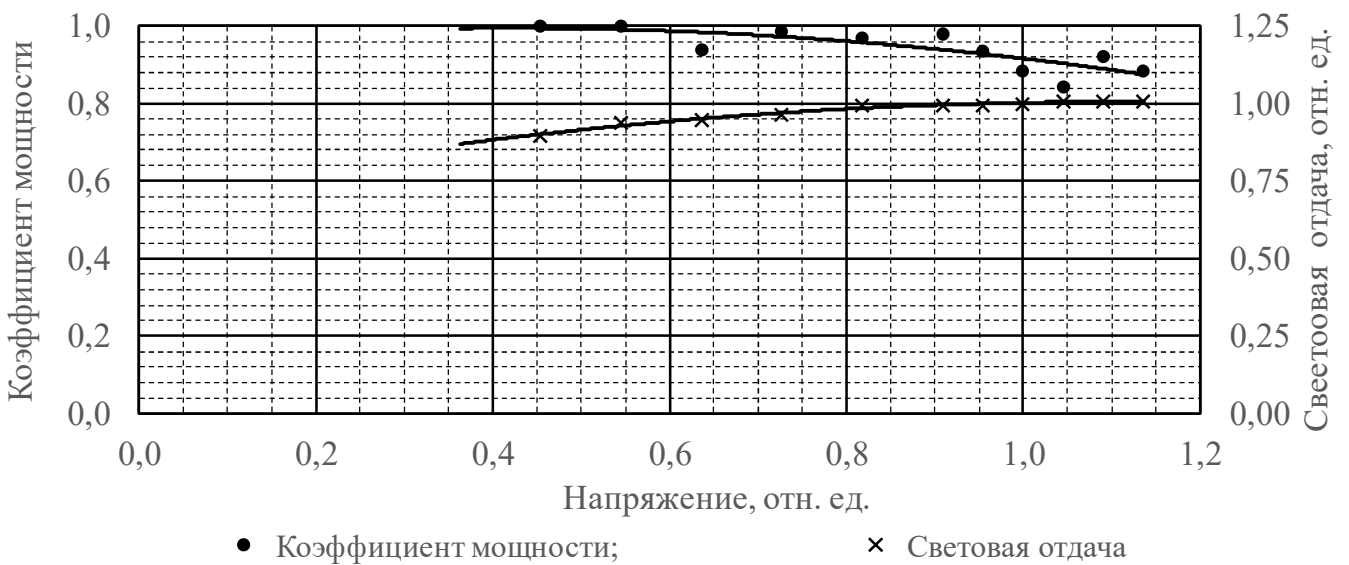


Рисунок 6.4 – Зависимости коэффициентов энергоэффективности от напряжения

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 $P$	$P/P_n = -0,06944U/U_n + 1,069$	0,85
Полная мощность $S$	$S/S_n = -4,9598(U/U_n)^2 + 10,442U/U_n - 4,4848$	0,64
Световой поток $\Phi$	$\Phi/\Phi_n = 1$	–

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: от 100 до 250 В;
- 2) потребляемая активная мощность, световой поток в диапазоне напряжений от 80 до 114 % номинального напряжения: постоянные
  - изменение активной мощности на -0,07 % на 1% изменения напряжения;
  - изменение светового потока на 0 % на 1 % изменения напряжения;
- 3) показатель энергоэффективности – световая отдача не изменяется в диапазоне напряжений от 80 до 114 % номинального напряжения;
- 4) полная мощность с увеличением напряжения возрастает, коэффициент мощности снижается.

## 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	ТКА-Люкс
Вольтметр	Энергомонитор 3.3.Т
Амперметр	То же
Ваттметр	"
Термометр-гигрометр	DD-12980
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-1М
Пускорегулирующий аппарат	Электромагнитный, дроссель «Победа»
Световой короб	Со светодиодными модулями и непросвечивающими ограждениями

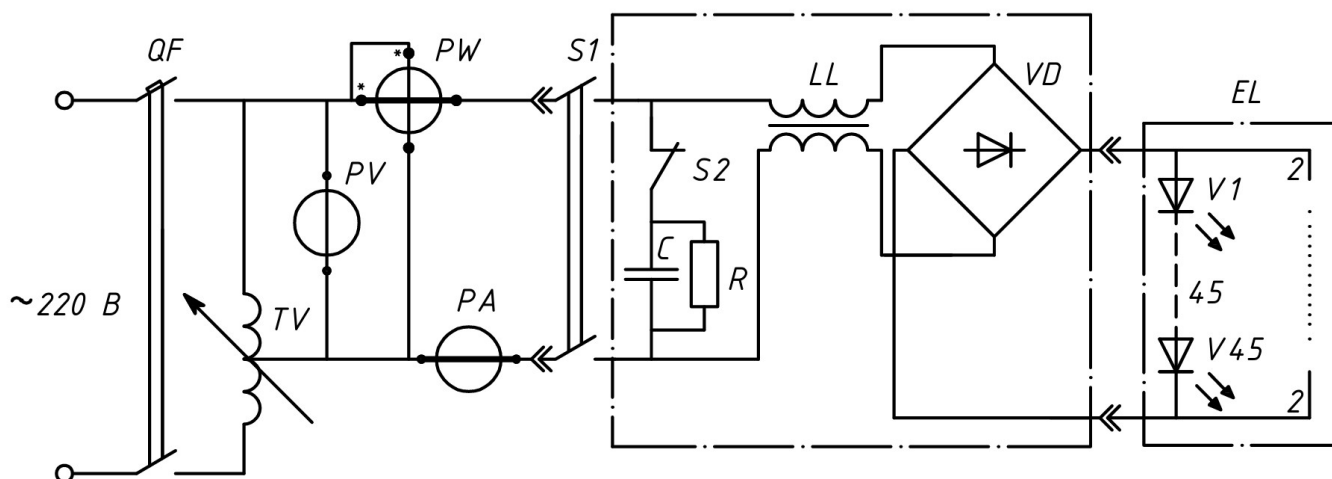


Рисунок 7.1 – Схема электрическая принципиальная испытательной установки

## 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	21	–	нет
Относительная влажность, %	43	–	–
Атмосферное давление, кПА	101,2	–	–
Темновой сигнал $E_{тс}$ , лк	0	нет	–
Фон от естественного освещения	0	–	нет

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				$\lambda_i$	$E_i, лк$	$\phi_i, отн.ед$	$\eta_i, отн.ед$
				$P_i$		$S_i$					
	В	отн.ед		Вт	отн.ед	ВА	отн.ед				
1	250	1,14	0,22	52,2	1,25	55,0	1,32	0,95	146	1,17	0,94
2	240	1,09	0,21	49,1	1,17	50,4	1,21	0,97	140	1,12	0,95
3	230	1,05	0,2	45,7	1,09	46,0	1,10	0,99	133	1,06	0,97
4/базовое	220	1,00	0,19	41,8	1,00	41,8	1,00	1,00	125	1,00	1,00
5	210	0,95	0,18	37,6	0,90	37,8	0,90	0,99	116	0,93	1,03
6	200	0,91	0,18	34,8	0,83	36,0	0,86	0,97	109	0,87	1,05
7	180	0,82	0,16	28	0,67	28,8	0,69	0,97	93	0,74	1,11
8	160	0,73	0,15	21,1	0,50	24,0	0,57	0,88	73	0,58	1,16
9	140	0,64	0,14	14,2	0,34	19,6	0,47	0,72	52	0,42	1,22
10	120	0,55	0,13	7,5	0,18	15,6	0,37	0,48	30	0,24	1,34
11	100	0,45	0,12	3	0,07	12,0	0,29	0,25	12	0,10	1,34
12	80	0,36	0,1	0,3	0,01	8,0	0,19	0,04	1,5	0,01	1,67

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 $P$	$P/P_n = 1,89U/U_n - 0,89$	0,99
Полная мощность $S$	$S/S_n = 2,06U/U_n - 1,06$	0,99
Световой поток $\Phi$	$\Phi/\Phi_n = 1,33U/U_n - 0,33$	0,99

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

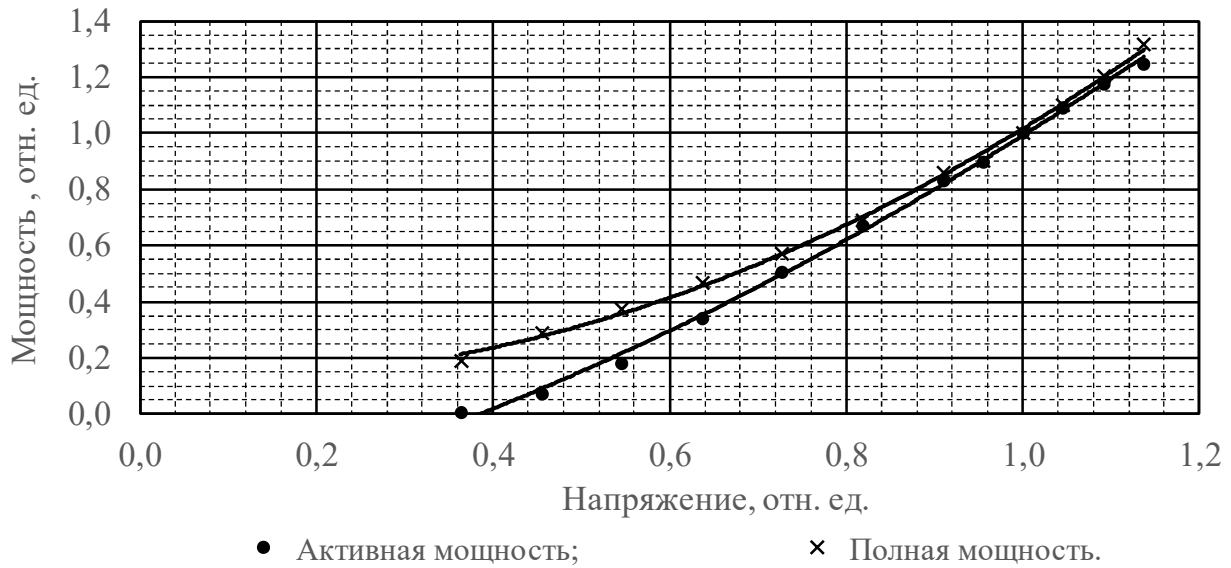


Рисунок 7.2 – Зависимости активной и полной мощностей от напряжения

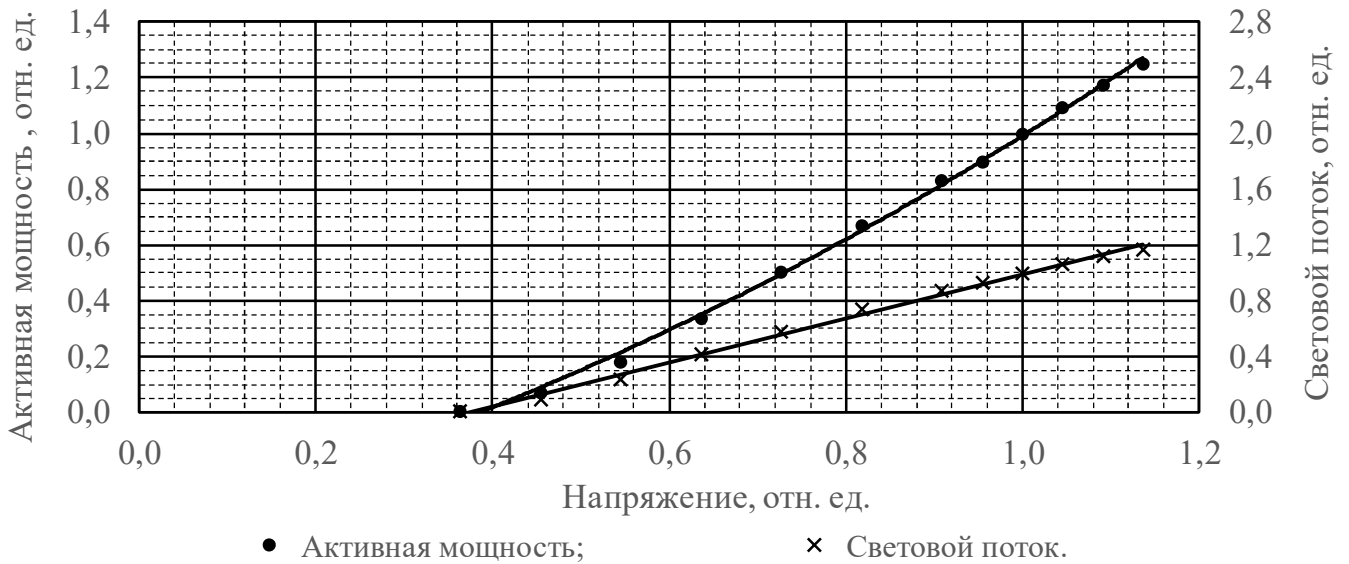


Рисунок 7.3 – Зависимости активной мощности светового потока от напряжения

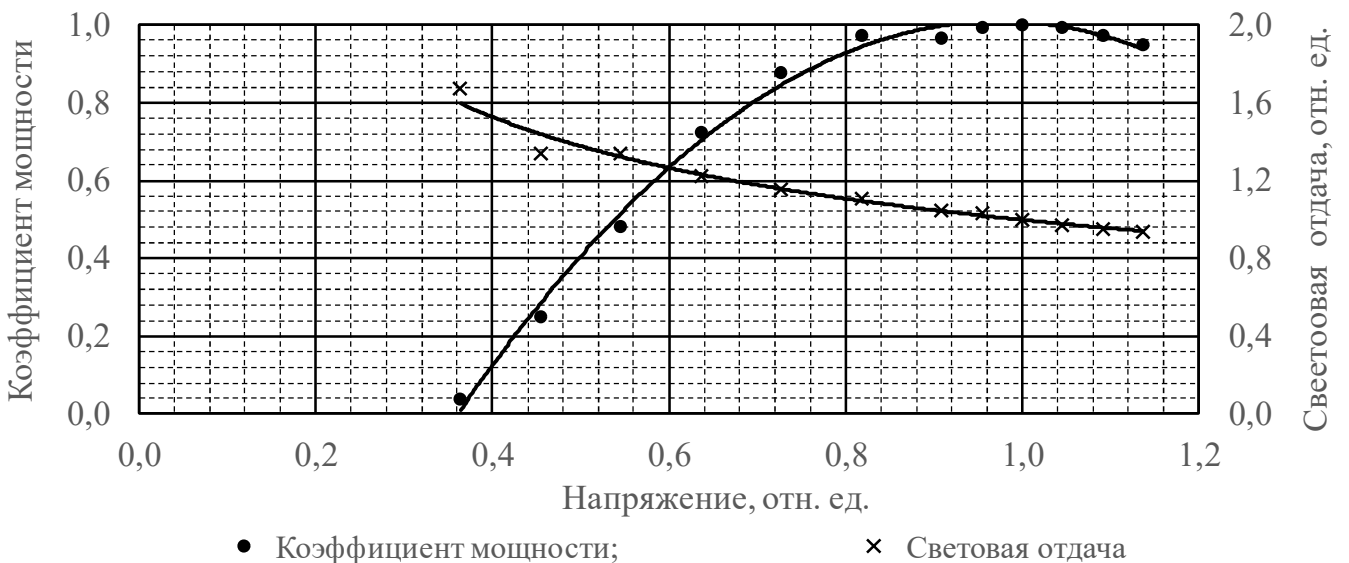


Рисунок 7.4 – Зависимости коэффициентов энергоэффективности от напряжения

## 7.4 Заключение

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

- 1) диапазон напряжений работоспособного состояния: от 80 до 250 В;
- 2) потребляемая активная мощность, световой поток изменяются в диапазоне напряжений от 91 до 114 % номинального напряжения:
  - изменение активной мощности на 1,89 % на 1% изменения напряжения;
  - изменение светового потока на 1,33 % на 1 % изменения напряжения;
- 3) показатель энергоэффективности – световая отдача уменьшается в диапазоне напряжений от 80 до 114 % номинального напряжения;
- 4) полная мощность с увеличением напряжения возрастает, коэффициент мощности возрастает до номинального напряжения, дальше снижается.

## 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.