

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1	Выбор системы и вида освещения	6
2	Выбор нормируемой освещенности помещений и коэффициентов запаса	7
3	Выбор источников света для системы общего равномерного освещения цеха и вспомогательных помещений	8
4	Выбор типа светильников, высоты их подвеса и размещения	9
5	Светотехнический расчет системы общего равномерного освещения цеха и вспомогательных помещений	14
6	Выбор источников света, типа светильников и их размещения, светотехнический расчет эвакуационного освещения прессового цеха полимеров	22
7	Разработка схемы питания осветительной установки	26
8	Определение мест расположения щитков освещения и трассы электрической сети	27
9	Выбор типа щитков освещения, марки проводов и кабелей и способов их прокладки	30
10	1. Определение расчетной осветительной нагрузки помещения прессового цеха полимеров и вспомогательных помещений	32
11	Выбор сечения проводов и кабелей и расчет защиты осветительной сети	36
	Заключение	50
	Список использованных источников	51
	Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

Современное человеческое общество немислимо без повсеместного использования света. Осветительные установки (или так называемое искусственное освещение) создают необходимые условия освещения, которые обеспечивают зрительное восприятие (видение), дающее около 90% информации, получаемой человеком от окружающего его мира. Без искусственного освещения не может обойтись современный город, невозможны строительные и сельскохозяйственные работы, а также работа транспорта в темное время суток и под землей (в метрополитене). Оптическое излучение все в большей мере используется в современных технологических процессах в промышленности и сельском хозяйстве.

Значение электрического освещения в производственной и культурной жизни людей заключается в следующем:

1) рациональное освещение рабочих мест повышает производительность труда, качество выпускаемой продукции, обеспечивает бесперебойность работы;

2) благоприятная осветительная обстановка создает нормальное этическое и психологическое состояние;

3) освещение открытых пространств, площадей автодорог, магистралей является одним из основных условий безопасного движения пешеходов и автомобилей.

На сегодняшний день существуют следующие виды источников света:

- лампы накаливания;
- газоразрядные лампы низкого давления;
- газоразрядные лампы высокого давления;
- светодиоды.

Перспективы развития электрического освещения предусматривают улучшение технико-экономических показателей существующих источников света с увеличением световой отдачи. Приближение спектрального состава излучения к дневному свету, увеличение срока службы источников света и т.д.

Электрическое освещение не должно отрицательно влиять на производительность труда, безопасность работы, создавать комфортное состояние человека.

Главной задачей современной светотехники является создание комфортной световой среды для труда и отдыха человека, а также эффективное применение оптического излучения в технологических процессах при рациональном использовании электрической энергии.

Рациональное проектирование, переход к энергоэкономичным лампам,

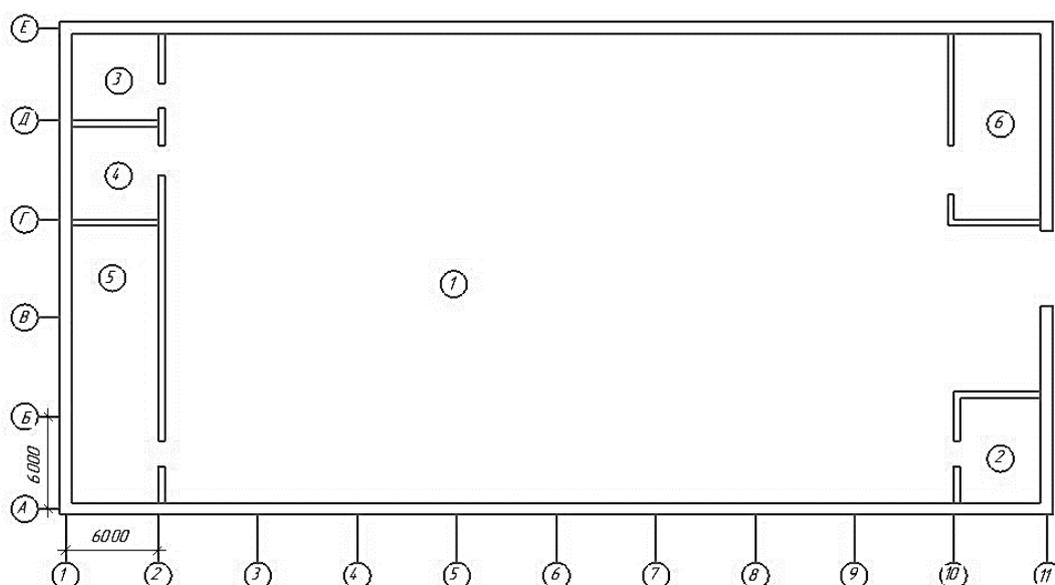
как показывает практика некоторых стран и передовой опыт, позволяет сэкономить не менее 20% электроэнергии, что дает возможность сократить планы строительства электростанций на 6 млн. кВт.

Грамотное применение осветительных установок может повысить производительность труда на 5% ... 10%. Наоборот, безграничное использование может привести к утомляемости зрительного аппарата работающих, травмам.

Основной целью данного курсового проектирования является разработка проекта осветительной установки насосной станции и вспомогательных помещений. Задачей курсового проектирования является выбор системы и вида освещения, нормируемой освещенности помещений и коэффициентов запаса, выбор источников света и типов светильников общего равномерного и эвакуационного освещения, высоты их подвеса и размещения, разработка схемы питания осветительной установки, выбор типа щитков освещения и определение их мест расположения, определение расчетной осветительной нагрузки насосной станции и вспомогательных помещений, а также выбор сечения проводов и кабелей и расчет защиты осветительной сети.

1 Выбор системы и вида освещения

В исходных данных к курсовому проекту не приведена информация о необходимости местного освещения в тех или иных помещениях, поэтому выбор системы освещения производим самостоятельно. Выбираем систему общего освещения. Светильники одного типа и мощности устанавливаются равномерно по всему помещению на одинаковой высоте.



Для прессового цеха полимеров и его вспомогательных помещений обязательно выполняется рабочее освещение, предусматривается аварийное эвакуационное освещение для безопасного выхода людей.

Результаты выбора системы и видов освещения для прессового цеха полимеров и его вспомогательных помещений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Системы и виды освещения отдельных помещений

№	Наименование помещений	Система искусственного освещения	Виды освещения
1	Прессовый цех полимеров	Общее равномерное освещение	рабочее + аварийное (эвакуационное) освещение
2	Кабинет начальника смены	Общее равномерное освещение	рабочее освещение
3	КТП	Общее равномерное освещение	рабочее освещение
4	Гардероб	Общее равномерное освещение	рабочее освещение
5	Склад сырья	Общее равномерное освещение	рабочее освещение
6	Склад продукции	Общее равномерное освещение	рабочее освещение

2 Выбор нормируемой освещенности помещений и коэффициентов запаса

Выбор нормируемой освещенности выполняемой работы, рабочих мест является одним из важнейших этапов проектирования осветительных установок. Правильное определение нормируемой освещенности в значительной степени обуславливает эффективность осветительной установки.

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего времени эксплуатации осветительной установки. Однако в связи с тем, что в период эксплуатации имеет место постоянное уменьшение освещенности, начальная освещенность должна быть принята больше нормированной на коэффициент запаса K_z .

Согласно вышеизложенному, из [1], [2], [5] и [6] для каждого помещения выбираем нормируемые значения освещенности и коэффициента запаса. Выбранные значения сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Выбор минимальных уровней освещенности помещений и коэффициентов запаса

№	Помещение	Плоскость, на которой нормируется освещенность	E_{min} , лк	Основание	K_z	Основание
1	Прессовый цех полимеров	Г-0,8	200	[2] табл 4-4и	1,6	[1] табл 3, п.1а
2	Кабинет начальника смены	Г-0,8	200	[1] Г1 п.1	1,4	[1] табл 3, п3б
3	КТП	В-1,5	75	[1] В1 п.12	1,5	[2] табл 4-4г
4	Гардероб	Г-0,0	75	[1] Г1 п.145	1,4	[4] табл2.1
5	Склад сырья	Г-0,0	75	[1] В1 п.6	1,5	[2] табл 4-4м
6	Склад продукции	Г-0,0	75	[1] В1 п.3	1,5	[2] табл 4-4м

3 Выбор источников света для системы общего равномерного освещения цеха и вспомогательных помещений

Выберем источники света для системы общего равномерного освещения помещений прессового цеха полимеров. Результаты выбора источников света приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты выбора источников света

	Помещение	Высота помещения, м	Нормируемая освещенность	Источник света	Обоснование выбора ИС
1	Прессовый цех полимеров	7,2	200	ДРЛ	Высота более 6м
2	Кабинет начальника смены	5	200	ЛБ	Высота менее 6м, распознавание цвета
3	КТП	5	75	ЛБ	Высота менее 6м, распознавание цвета
4	Гардероб	5	75	ЛБ	Высота менее 6м, распознавание цвета
5	Склад сырья	5	75	ЛБ	Высота менее 6м, распознавание цвета
6	Склад продукции	5	75	ЛБ	Высота менее 6м, распознавание цвета

4 Выбор типа светильников, высоты их подвеса и размещения

4.1 Выбор типа светильников

По [4, табл. П.1.1] производим выбор типа светильников общего освещения для помещений прессового цеха полимеров с учетом имеющейся и условно принятой информации. В основном помещении для общего освещения устанавливаем светильники типа РСР08 (светильники с ртутной лампой типа ДРЛ, подвесные для промышленных предприятий) с КСС типа Д, степень защиты согласно [4, табл. 6.6] – IP23.

В кабинете начальника смены устанавливаем светильники типа ЛПП07 (светильники люминесцентные потолочные промышленные) с КСС типа Г (высота помещения менее 8 метров), степень защиты согласно [4, табл. 6.5] – IP65.

Во вспомогательных помещениях (гардеробе, складе сырья и складе продукции) устанавливаем светильники типа ЛПП12-18 (светильники люминесцентные потолочные промышленные) с КСС типа Д (высота помещения менее 8 метров), степень защиты согласно [4, табл. 6.5] – IP65.

В КТП устанавливаем светильники типа ЛБО12 (светильники с люминесцентными лампами, настенные) из-за особенностей данного помещения: в КТП имеется трансформатор и другое электрооборудование значительной высоты (до потолка), которое, кроме того, представляет непосредственную опасность для жизни обслуживающего персонала. Тип КСС – Д (высота помещения менее 8 метров), степень защиты согласно [4 табл. 6.5] – IP20.

Результаты выбора типа светильников размещены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор типа светильников для рабочего и эвакуационного освещения

№	Помещение	Высота помещения, м	Светильники		
			тип	степень защиты	КСС
1	Прессовый цех полимеров	7,2	РСР08	IP23	Г-1
2	Кабинет начальника смены	5	ЛПП07-2×18	IP65	Д-2
3	КТП	5	ЛБО12-18	IP20	Д-2
4	Гардероб	5	ЛПП12-18	IP65	Д-2
5	Склад сырья	5	ЛПП12-18	IP65	Д-2
6	Склад продукции	5	ЛПП12-18	IP65	Д-2

4.2 Выбор высоты подвеса светильников

Высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью (H_p) – расчетная высота подвеса светильников в значительной степени определяет

характеристику и технико-экономические показатели проектируемой осветительной установки.

Произведем выбор высоты свеса светильников (h_c) для помещений, с учетом выбранного типа светильников.

Прессовый цех полимеров: высота помещения $H = 7,2$ м (исходные данные), высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м (табл. 2), для подвесных светильников РСП08 высоту свеса принимаем $h_c = 1$ м. Определяем расчетную высоту подвеса светильников:

$$H_p = H - h_c - h_p = 7,2 - 1 - 0,8 = 5,4 \text{ м}$$

где H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника (расстояние от их светового центра до перекрытия или точки подвеса), м;

h_p – высота расчетной (на которой нормируется освещение) поверхности над полом, м.

Кабинет начальника смены: высота помещения $H = 5$ м (исходные данные), высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м (табл. 2), для подвесных светильников ЛПП07-2×18 высоту свеса принимаем $h_c = 0$ м. Определяем расчетную высоту подвеса светильников:

$$H_p = H - h_c - h_p = 5 - 0 - 0,8 = 4,2 \text{ м}$$

КТП: высота помещения $H = 5$ м (исходные данные), высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,5$ м (табл. 2), для подвесных светильников ЛБО12 высоту свеса принимаем $h_c = 0,5$ м. Определяем расчетную высоту подвеса светильников:

$$H_p = H - h_c - h_p = 5 - 0,5 - 1,5 = 3 \text{ м}$$

Гардероб, склад сырья и склад продукции: высота помещений $H = 5$ м (исходные данные), высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м (табл. 2), для подвесных светильников ЛПП12-18 высоту свеса принимаем $h_c = 2$ м. Определяем расчетную высоту подвеса светильников:

$$H_p = H - h_c - h_p = 5 - 2 - 0,8 = 2,2 \text{ м}$$

Результаты расчета сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет высоты подвеса светильников

№	Помещение	Тип светильника	H , м	h_c	h_p	H_p
1	Прессовый цех полимеров	РСП08	7,2	1	0,8	5,4
2	Кабинет начальника смены	ЛПП07-2×18	5	0	0,8	4,2
3	КТП	ЛБО12	5	0,5	1,5	3,0
4	Гардероб	ЛПП12-18	5	2	0,8	2,2
5	Склад сырья	ЛПП12-18	5	2	0,8	2,2
6	Склад продукции	ЛПП12-18	5	2	0,8	2,2

4.3 Схемы размещения светильников

Таблица 6 – Исходные данные для размещения светильников

№	Помещение	Размеры помещения, м			Высота подвеса H_p , м	Тип светильника		
		А	В	Н		тип	степень защиты	КСС
1	Прессовый цех полимеров	54	30	7,2	5,4	РСП08	IP23	Г-1
2	Кабинет начальника смены	6	6	5	4,2	ЛПП07-2×18	IP65	Д-2
4	Гардероб	6	6	5	2,2	ЛПП12-18	IP65	Д-2
5	Склад сырья	6	18	5	2,2	ЛПП12-18	IP65	Д-2
6	Склад продукции	6	12	5	2,2	ЛПП12-18	IP65	Д-2

В прессовом цеху полимеров светильники размещаем равномерно по углам прямоугольника. С учетом КСС по [4, табл. 7.1] принимаем $L/H_p = 1,4$ (с учетом допустимого увеличения на 30 %). Тогда расстояние между соседними светильниками или рядами светильников L определим по формуле:

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \times H_p = 1,4 \times 5,4 = 7,56 \approx 8 \text{ м}$$

Расстояния от крайних светильников и рядов до стен:

$$l_{A,B} = (0,3 \div 0,5) \times L = (0,3 \div 0,5) \times 8 = (2,4 \div 4) \text{ м}$$

Учитывая строительные размеры помещения, принимаем действительные расстояния от стены до ближайшего ряда светильников l_B и от стены до ближайшего светильника в ряду l_A равные:

$$l_A = l_B = 2 \text{ м}$$

Число рядов светильников определим по формуле:

$$R = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{L} \right) + 1 = \left(\frac{30 - 2 \times 2}{8} \right) + 1 = 4,25 = 4 \text{ ряда}$$

Найдем число светильников в ряду:

$$N_R = \left(\frac{A - 2 \times l_A}{L} \right) + 1 = \left(\frac{54 - 2 \times 2}{8} \right) + 1 = 7,25 = 7 \text{ светильников}$$

Уточняем реальные расстояния между рядами L_B и между светильниками в ряду L_A по формулам:

$$L_B = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{R - 1} \right) = \left(\frac{30 - 2 \times 2}{4 - 1} \right) = 8,6 \text{ м округлим до } 8 \text{ м}$$

$$L_A = \left(\frac{A - 2 \times l_A}{N_R - 1} \right) = \left(\frac{54 - 2 \times 2}{7 - 1} \right) = 8,3 \text{ м}$$

Проверяем выполнение соотношения $1 \leq L_A/L_B \leq 1,5$

$L_A/L_B = 8,3 / 8 = 1,04$, что находится в допустимых пределах.

Освещение пресового цеха полимеров выполняется четырьмя рядами светильников, в каждом из которых устанавливается по 7 светильников, кроме рядов линий С1, С2, С4, в которых по 1 светильнику в ряду исключаются, т.к. они располагаются над кабинетом начальника смены и складом продукции.

В **кабинете начальника смены** светильники разместим рядами с разрывами. С учетом типа КСС по [4, табл. 7.1] принимаем $L/H_p = 1,5$. Тогда найдем расстояние между соседними светильниками или рядами светильников L :

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \times H_p = 1,5 \times 4,2 = 6,3 \text{ округлим до } 6 \text{ м}$$

Расстояния от рядов до стен:

$$l_B = (0,3 \div 0,5) \times L = (0,3 \div 0,5) \times 6 = (1,8 \div 3) \text{ м}$$

Учитывая строительные размеры помещения, принимаем $l_B = 2$

Число рядов светильников **определим** по формуле:

$$R = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{L} \right) + 1 = \left(\frac{6 - 2 \times 2}{6} \right) + 1 = 1,3 = 2 \text{ ряда}$$

Уточняем реальное расстояние между рядами L_B :

$$L_B = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{R - 1} \right) = \left(\frac{6 - 2 \times 2}{2 - 1} \right) = 2 \text{ м}$$

В **гардеробе** светильники размещаем рядами с разрывами. С учетом типа КСС по [4, табл. 7.1] принимаем $L/H_p = 1,6$. Тогда расстояние L между соседними светильниками или рядами светильников определяем:

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \times H_p = 1,6 \times 2,2 = 3,52 \text{ округлим до } 4 \text{ м}$$

Расстояния от рядов до стен:

$$l_B = (0,3 \div 0,5) \times L = (0,3 \div 0,5) \times 4 = (1,8 \div 2) \text{ м}$$

Учитывая строительные размеры помещения, принимаем $l_B = 1,5$ м.

Число рядов светильников определим по формуле:

$$R = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{L} \right) + 1 = \left(\frac{6 - 2 \times 1,5}{4} \right) + 1 = 1,75 = 2 \text{ ряда}$$

Уточняем реальное расстояние между рядами L_B :

$$L_B = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{R - 1} \right) = \left(\frac{6 - 2 \times 1,5}{2 - 1} \right) = 3 \text{ м}$$

На **складе сырья** светильники размещаем рядами с разрывами. С учетом типа КСС по [4, табл. 7.1] принимаем $L/H_p = 1,6$. Тогда расстояние L между соседними светильниками или рядами светильников определяем:

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \times H_p = 1,6 \times 2,2 = 3,52 \text{ м округлим до 4 м}$$

Расстояния от рядов до стен:

$$l_B = (0,3 \div 0,5) \times L = (0,3 \div 0,5) \times 4 = (1,8 \div 2) \text{ м}$$

Учитывая строительные размеры помещения, принимаем $l_B = 1,5 \text{ м}$.

Число рядов светильников определим по формуле:

$$R = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{L} \right) + 1 = \left(\frac{18 - 2 \times 1,5}{4} \right) + 1 = 4,75 = 5 \text{ рядов}$$

Уточняем реальное расстояние между рядами L_B :

$$L_B = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{R - 1} \right) = \left(\frac{18 - 2 \times 1,5}{5 - 1} \right) = 3,75 \text{ м округлим до 4 м}$$

На **складе продукции** светильники размещаем рядами с разрывами. С учетом типа КСС по [4, табл. 7.1] принимаем $L/H_p = 1,6$. Тогда расстояние L между соседними светильниками или рядами светильников определяем:

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \times H_p = 1,6 \times 2,2 = 3,52 \text{ м округлим до 4 м}$$

Расстояния от рядов до стен:

$$l_B = (0,3 \div 0,5) \times L = (0,3 \div 0,5) \times 4 = (1,8 \div 2) \text{ м}$$

Учитывая строительные размеры помещения, принимаем $l_B = 1,5 \text{ м}$.

Число рядов светильников определим по формуле:

$$R = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{L} \right) + 1 = \left(\frac{12 - 2 \times 1,5}{4} \right) + 1 = 3,25 = 3 \text{ ряда}$$

Уточняем реальное расстояние между рядами L_B :

$$L_B = \left(\frac{B - 2 \times l_B}{R - 1} \right) = \left(\frac{12 - 2 \times 1,5}{3 - 1} \right) = 4,5 \text{ м округлим до 4 м}$$

Количество светильников в ряду N_R и в помещении N , а также расстояния между светильниками L_A и расстояние от стены до ближайшего светильника в ряду l_A определим после проведения светотехнического расчета.

Полученные результаты сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Параметры размещения светильников

	Помещение	L/H_p , м	L_A , м	L_B , м	l_A	l_B	R	N_R	N
1	Прессовый цех полимеров	1,4	8,3	8	2	2	4	7,25	25
2	Кабинет начальника смены	1,5	*	1,5	*	2	2	*	*
4	Гардероб	1,6	*	3	*	1,5	2	*	*
5	Склад сырья	1,6	*	4	*	1,5	5	*	*
6	Склад продукции	1,6	*	4	*	1,5	3	*	*

5 Светотехнический расчет системы общего равномерного освещения цеха и вспомогательных помещений

Метод светотехнического расчета освещения выбираем по нормируемой освещенности помещения: при $E_{min} \geq 100$ лк – метод коэффициента использования светового потока; при $E_{min} \leq 100$ лк – метод расчета освещенности по удельной мощности.

Таблица 8 – Исходные данные для проведения светотехнического расчета

	Помещение	А×В, м	H _p , м	E _{min} , лк	K _з	Тип светильника		R	N _R	N
						тип	КСС			
1	Прессовый цех полимеров	54×30	5,4	200	1,6	РСП08	Д-2	4	7	30
2	Кабинет начальника смены	6×6	4,2	200	1,4	ЛПП07-2×18	Д-2	2	*	*
3	КТП	6×6	3	75	1,5	ЛБО12	Д-2	2	*	*
4	Гардероб	6×6	2,2	75	1,4	ЛПП12-18	Д-2	2	*	*
5	Склад сырья	6×18	2,2	75	1,5	ЛПП12-18	Д-2	5	*	*
6	Склад продукции	6×12	2,2	75	1,5	ЛПП12-18	Д-2	3	*	*

Чтобы провести светотехнический расчет освещения для КТП, гардероба, складов сырья и продукции выбираем метод удельной мощности, для прессового цеха полимеров и кабинета начальника смены – метод коэффициентов использования светового потока.

5.1 Светотехнический расчет прессового цеха полимеров

Рассчитаем индекс помещения:

$$i_{п} = \frac{A \times B}{H_p \times (A+B)} = \frac{54 \times 30}{5,4 \times (54+30)} = 3,57$$

По [4, табл. 8.2] выбираем коэффициенты отражения поверхностей помещения: $\rho_{п} = 50\%$, $\rho_{с} = 30\%$, $\rho_{р} = 10\%$.

По [4, табл. 8.1в] для кривой силы света Г-2 и коэффициентам отражения поверхностей помещения $\rho_{п} = 50\%$, $\rho_{с} = 30\%$, $\rho_{р} = 10\%$ определяем коэффициенты использования светового потока: для $i_{п} = 3$ $\eta_{оу} = 0,86$, а для $i_{п} = 5$ $\eta_{оу} = 0,93$. Интерполируя эти данные. Получим значение коэффициента использования для $i_{п} = 3,57$:

$$\eta_{оу} = 0,86 + \frac{(3,57-3)}{(5-3)} \times (0,93 - 0,86) = 0,88$$

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 54 \times 30 = 1620 \text{ м}^2$$

Приняв коэффициент неравномерности освещенности $z = 1,15$,

определяем расчетное значение светового потока:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_3 \times F \times z}{N \times \eta_{\text{оу}}} = \frac{200 \times 1,6 \times 1620 \times 1,15}{30 \times 0,88} = 22\,772 \text{ лм}$$

По величине $\Phi_{\text{лр}}$ по [4, табл. 5.6] с учетом данных из [4, табл. 6.6, столбец «Тип лампы»] принимаем для освещения прессового цеха полимеров светильники типа РСП04-400 с лампами типа ДРЛ400(12)-4 с мощностью 400 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 24\,000$ лм, значение которого отличается от $\Phi_{\text{лр}}$ на величину:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \times 100 = \frac{24\,000 - 22\,772}{22\,772} \times 100 = +5,39\% , \text{ что находится в}$$

допустимых пределах от -10 до +20%.

5.2 Светотехнический расчет кабинета начальника смены

Рассчитаем индекс помещения:

$$i_{\text{п}} = \frac{A \times B}{H_{\text{р}} \times (A+B)} = \frac{6 \times 6}{4,2 \times (6+6)} = 0,71$$

По [4, табл. 8.2] выбираем коэффициенты отражения поверхностей помещения: $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$, $\rho_{\text{р}} = 30\%$.

По [4, табл. 8.1а] для кривой силы света Д-2 и коэффициентам отражения поверхностей помещения $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$, $\rho_{\text{р}} = 30\%$ определяем коэффициенты использования светового потока: для $i_{\text{п}} = 0,6$ $\eta_{\text{оу}} = 0,44$, а для $i_{\text{п}} = 0,8$ $\eta_{\text{оу}} = 0,52$. Интерполируя эти данные. Получим значение коэффициента использования для $i_{\text{п}} = 0,71$:

$$\eta_{\text{оу}} = 0,44 + \frac{(0,71 - 0,6)}{(0,8 - 0,6)} \times (0,52 - 0,44) = 0,49$$

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$$

Приняв коэффициент неравномерности освещенности $z = 1,1$, определяем расчетное значение светового потока ламп одного ряда:

$$\Phi_{\text{Рр}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_3 \times F \times z}{R \times \eta_{\text{оу}}} = \frac{200 \times 1,4 \times 36 \times 1,1}{2 \times 0,49} = 10\,314 \text{ лм}$$

По величине $\Phi_{\text{Рр}}$ по [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 6.5, столбец «Тип лампы»] принимаем для освещения комнаты начальника смены светильники типа ЛПП07-2×18 с лампами типа ЛБ18 с мощностью 18 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 1250$ лм, $n_{\text{св}} = 2$.

Находим количество светильников в ряду:

$$N_{\text{Р}} = \frac{\Phi_{\text{Рр}}}{n_{\text{св}} \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{10\,314}{2 \times 1250} = 4,1 \text{ округлим до 4 светильников.}$$

Принимаем для освещения кабинета начальника смены 4 светильника, расположенных в два ряда.

Расчетное значение светового потока одной лампы светильника:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{\Phi_{\text{Рр}}}{n_{\text{св}} \times N_{\text{Р}}} = \frac{10314}{2 \times 4} = 1289 \text{ лм}$$

Отличие расчетного значения светового потока лампы от фактического

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \times 100 = \frac{1250 - 1289}{1289} \times 100 = -3\% , \text{ что находится в}$$

допустимых пределах от -10 до +20%.

По [4, табл. 6.5] определим длину светильника ЛПП07-2×18 $l_c = 0,66$ м, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем $l_A = 0,5$ м. Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \times l_A - N_{\text{Р}} \times l_c}{N_{\text{Р}} - 1} = \frac{6 - 2 \times 0,5 - 4 \times 0,66}{4 - 1} = 0,79$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_{\text{р}}$ ($0,79$ м < $1,1$ м).

Полученные данные сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты светотехнического расчета цеха по методу коэффициентов использования светового потока

		Прессовый цех полимеров	Кабинет начальника смены
Тип КСС		Г-1	Д-2
Длина помещения A , м		54	6
Ширина помещения B , м		30	6
Расчетная высота подвеса светильников $H_{\text{р}}$, м		5,4	4,2
Индекс помещения $i_{\text{п}}$		3,57	0,71
Коэффициенты отражения поверхностей помещения	$\rho_{\text{п}}$, %	50	70
	$\rho_{\text{с}}$, %	30	50
	$\rho_{\text{р}}$, %	10	30
Коэффициент использования светового потока $\eta_{\text{оу}}$, о.е.		0,88	0,49
Нормированная минимальная освещенность $E_{\text{мин}}$, лк		200	200
Коэффициент запаса K_3		1,6	1,4
Коэффициент неравномерности освещенности z		1,15	1,1
Количество светильников в помещении N , шт		25	–
Количество рядов светильников в помещении R , шт		4	2
Световой поток ламп одного ряда, необходимый для создания нормируемой освещенности $\Phi_{\text{Рр}}$, лм		–	8 890
Световой поток ламп, необходимый для создания нормируемой освещенности $\Phi_{\text{лр}}$, лм		25 405	10 314
Световой поток выбранных источников света $\Phi_{\text{л}}$, лм		24 000	1 289
Отклонение расчетного значения светового потока лампы от фактического $\Delta\Phi$, %		-5,39	-3
Тип светильника		РСП08	ЛПП07-2×18

Тип источника света	ДРЛ 400 (12)-4	ЛБ 18
Количество источников света в светильнике $n_{св}$, шт	1	2
Размещение светильников с (ЛЛ)		
Количество светильников в ряду N_R , шт		4
Длина одного светильника l_c , м		0,66
Расстояние от стены до ближайшего светильника в ряду l_A , м		0,5
Расстояние между соседними светильниками в ряду L_A , м		0,79

5.3 Светотехнический расчет КТП методом удельной мощности

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$$

Для светильника типа ЛБО12-18 по [4, табл. 6.5] КПД $\eta = 0,7$.

При $H_p = 3$ м, $F = 36 \text{ м}^2$ и КСС типа Д-2 по [4, табл. 8.7] определяем табличное значение удельной мощности общего равномерного освещения светильников $p_{уд.т.} = 3,8 \text{ Вт/м}^2$. Но так как в таблице это значение соответствует $E = 100$ лк, $K_3 = 1,5$ и КПД = 100 %, пропорциональным пересчетом, определим значение удельной мощности для данных условий:

$$p_{уд.} = \frac{p_{уд.т.} \times K_3 \times E_{min}}{K_{з.м.} \times \eta \times 100} = \frac{3,8 \times 1,5 \times 75}{1,5 \times 0,7 \times 100} = 2,99 \text{ Вт/м}^2$$

По [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 6.5 столбец «Тип лампы»] принимаем для освещения КТП одноламповые светильники типа ЛБО12-18 с лампами типа ЛБ18 мощностью 18 Вт, $n_{св} = 1$.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{p_{уд.} \times F}{n_{св} \times P_l} = \frac{2,99 \times 36}{1 \times 18} = 5,98 \text{ округлим до } 6.$$

Определим расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{лр} = \frac{p_{уд.} \times F}{n_{св} \times N} = \frac{2,99 \times 36}{1 \times 6} = 17,94 \text{ Вт}$$

Отличие расчетного значения мощности лампы от фактического:

$$\Delta P = \frac{P_l - P_{лр}}{P_{лр}} \times 100 = \frac{18 - 17,94}{17,94} \times 100 = 0,3$$

По [4, табл. 6.5] определяем длину светильника ЛБО12-18: $l_c = 0,694$ м, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем 0 м.

5.4 Светотехнический расчет гардероба

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$$

Для светильника типа ЛБО12-18 по [4, табл. 6.5] КПД $\eta = 0,7$.

При $H_p = 2,2$ м, $F = 36 \text{ м}^2$ и КСС типа Д-2 по [4, табл. 8.7] определяем табличное значение удельной мощности общего равномерного освещения

светильников $p_{уд.т.} = 3,8 \text{ Вт/м}^2$. Но так как в таблице это значение соответствует $E = 100 \text{ лк}$, $K_3 = 1,5$ и $\text{КПД} = 100 \%$, пропорциональным пересчетом, определим значение удельной мощности для данных условий:

$$p_{уд.} = \frac{p_{уд.т.} \times K_3 \times E_{min}}{K_{з.м.} \times \eta \times 100} = \frac{3,8 \times 1,5 \times 75}{1,5 \times 0,7 \times 100} = 2,99 \text{ Вт/м}^2$$

По [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 6.5 столбец «Тип лампы»] принимаем для освещения гардероба двухламповые светильники типа ЛПП12-1×18 с лампами типа ЛБ18 мощностью 18 Вт, $n_{св} = 1$.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{p_{уд.} \times F}{n_{св} \times P_{л}} = \frac{2,99 \times 36}{1 \times 18} = 5,98 \text{ округлим } 6.$$

Определим расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{лр} = \frac{p_{уд.} \times F}{n_{св} \times N} = \frac{2,99 \times 36}{1 \times 6} = 17,94 \text{ Вт}$$

Отличие расчетного значения мощности лампы от фактического:

$$\Delta P = \frac{P_{л} - P_{лр}}{P_{лр}} \times 100 = \frac{18 - 17,94}{17,94} \times 100 = +0,3 \%$$

Определим число светильников в ряду N_R по формуле:

$$N_R = \frac{N}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ светильника}$$

По [4, табл. 6.5] определяем длину светильника ЛПП12-1×18: $l_c = 0,79 \text{ м}$, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем $l_A = 0,8 \text{ м}$. Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \times l_A - N_R \times l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \times 0,8 - 3 \times 0,79}{3 - 1} = 1,02 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_p$ ($1,02 \text{ м} < 1,1 \text{ м}$).

5.5 Светотехнический расчет склада сырья

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 6 \times 18 = 108 \text{ м}^2$$

Для светильника типа ЛБО12-18 по [4, табл. 6.5] $\text{КПД } \eta = 0,7$.

При $H_p = 2,2 \text{ м}$, $F = 108 \text{ м}^2$ и КСС типа Д-2 по [4, табл. 8.7] определяем табличное значение удельной мощности общего равномерного освещения светильников $p_{уд.т.} = 3,1 \text{ Вт/м}^2$. Но так как в таблице это значение соответствует $E = 100 \text{ лк}$, $K_3 = 1,5$ и $\text{КПД} = 100 \%$, пропорциональным пересчетом, определим значение удельной мощности для данных условий:

$$p_{уд.} = \frac{p_{уд.т.} \times K_3 \times E_{min}}{K_{з.м.} \times \eta \times 100} = \frac{3,1 \times 1,5 \times 75}{1,5 \times 0,7 \times 100} = 2,44 \text{ Вт/м}^2$$

По [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 6.5 столбец «Тип лампы»]

принимая для освещения склада сырья одноламповые светильники типа ЛБО12-18 с лампами типа ЛБ18 мощностью 18 Вт, $n_{св} = 1$.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{p_{уд} \times F}{n_{св} \times P_{л}} = \frac{2,44 \times 108}{1 \times 18} = 14,64 \text{ округлим до } 15.$$

Определим расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{лр} = \frac{p_{уд} \times F}{n_{св} \times N} = \frac{2,44 \times 108}{1 \times 15} = 17,57 \text{ Вт}$$

Отличие расчетного значения мощности лампы от фактического:

$$\Delta P = \frac{P_{л} - P_{лр}}{P_{лр}} \times 100 = \frac{18 - 17,57}{17,57} \times 100 = +2,62$$

Определим число светильников в ряду N_R по формуле:

$$N_R = \frac{N}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ светильника}$$

По [4, табл. 6.5] определяем длину светильника ЛПП12-1×18: $l_c = 0,79$ м, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем $l_A = 0,8$ м. Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \times l_A - N_R \times l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \times 0,8 - 3 \times 0,79}{3 - 1} = 1,01 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_p$ ($1,01 \text{ м} < 1,1 \text{ м}$).

5.6 Светотехнический расчет склада продукции

Вычисляем значение освещаемой площади:

$$F = A \times B = 6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$$

Для светильника типа ЛБО12-18 по [4, табл. 6.5] КПД $\eta = 0,7$.

При $H_p = 2,2$ м, $F = 72 \text{ м}^2$ и КСС типа Д-2 по [4, табл. 8.7] определяем табличное значение удельной мощности общего равномерного освещения светильников $p_{уд.т.} = 3,1 \text{ Вт/м}^2$. Но так как в таблице это значение соответствует $E = 100$ лк, $K_3 = 1,5$ и КПД = 100 %, пропорциональным пересчетом, определим значение удельной мощности для данных условий:

$$p_{уд.} = \frac{p_{уд.т.} \times K_3 \times E_{min}}{K_{з.м.} \times \eta \times 100} = \frac{3,1 \times 1,5 \times 75}{1,5 \times 0,7 \times 100} = 2,44 \text{ Вт/м}^2$$

По [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 6.5 столбец «Тип лампы»] принимаем для освещения склада сырья одноламповые светильники типа ЛБО12-18 с лампами типа ЛБ18 мощностью 18 Вт, $n_{св} = 1$.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{p_{уд} \times F}{n_{св} \times P_{л}} = \frac{2,44 \times 72}{1 \times 18} = 9,76 \text{ округлим до } 9.$$

Определим расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{\text{лр}} = \frac{p_{\text{уд}} \times F}{n_{\text{св}} \times N} = \frac{2,44 \times 72}{1 \times 9} = 19,52 \text{ Вт}$$

Отличие расчетного значения мощности лампы от фактического:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{л}} - P_{\text{лр}}}{P_{\text{лр}}} \times 100 = \frac{18 - 19,52}{19,52} \times 100 = -7,79$$

Определим число светильников в ряду N_R по формуле:

$$N_R = \frac{N}{R} = \frac{9}{3} = 3 \text{ светильника}$$

По [4, табл. 6.5] определяем длину светильника ЛПП12-1×18: $l_c = 0,79$ м, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем $l_A = 0,8$ м. Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \times l_A - N_R \times l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \times 0,8 - 3 \times 0,79}{3 - 1} = 1,01 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_p$ ($1,01 \text{ м} < 1,1 \text{ м}$).

Полученные данные сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты светотехнического расчета цеха по методу удельной мощности

	КТП	Гардероб	Склад сырья	Склад продукции
Тип КСС	Д-2	Д-2	Д-2	Д-2
Длина помещения A , м	6	6	6	6
Ширина помещения B , м	6	6	18	12
Расчетная высота подвеса светильников H_p , м	3	2,2	2,2	2,2
КПД светильника η , %	70	70	70	70
Коэффициенты отражения поверхностей помещения	$\rho_{\text{п}}$, %	50	70	70
	$\rho_{\text{с}}$, %	30	30	30
	$\rho_{\text{р}}$, %	10	10	10
Нормированная минимальная освещенность $E_{\text{мин}}$, лк	75	75	75	75
Коэффициент запаса K_z	1,5	1,4	1,5	1,5
Табличное значение удельной мощности светильников $p_{\text{уд.т}}$, Вт/м ²	3,8	3,8	3,1	3,1
Установленное значение удельной мощности светильников $p_{\text{уд}}$, Вт/м ²	2,99	2,99	2,44	2,44
Тип светильника	ЛБО12-18	ЛПП12-1×18	ЛПП12-1×18	ЛПП12-1×18
Тип источника света	ЛБ18	ЛБ18	ЛБ18	ЛБ18
Количество источников света в светильнике $n_{\text{св}}$, шт	1	1	1	1
Расчетное значение требуемой	17,94	17,94	17,57	19,52

мощности одной лампы $P_{лр}$, Вт				
Мощность выбранных источников света $P_{л}$, Вт	18	18	18	18
Отклонение расчетного значения мощности лампы от фактического ΔP , %	+0,3	+0,3	+2,62	-7,79
Количество рядов светильников в помещении R , шт	–	2	5	3
Количество светильников в помещении N , шт	6	6	15	9
Количество светильников в ряду N_R , шт	–	3	3	3
Длина одного светильника l_c , м	0,694	0,79	0,79	0,79
Расстояние от стены до ближайшего светильника в ряду l_A , м	–	0,8	0,8	0,8
Расстояние между соседними светильниками в ряду L_A , м	–	1,02	1,01	1,01

6 Выбор источников света, типа светильников и их размещения, светотехнический расчет эвакуационного освещения прессового цеха полимеров

Аварийное освещение обеспечивает требуемую освещенность при внезапном отключении рабочего освещения. Данный вид освещения разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Таблица 11 – Исходные данные для светотехнического расчета эвакуационного освещения

Наименование помещения	K_3	H_p , м	h_p , м	Тип светильника		
				Тип	Степень защиты	КСС
Прессовый цех полимеров	1,6	5,4	0,8	РСП08	IP23	Г-1

Установка эвакуационного освещения обязательна в основном помещении. Располагаем его рядом с рабочим освещением, крепим аналогично.

Также эвакуационное освещение предусматриваем при выходе, над дверным проемом. Так как рабочее освещение выполнено светильниками с газоразрядными лампами, то в качестве источников света эвакуационного освещения используем светильники с лампами накаливания.

Выбираем светильник типа НСП21 (светильники с лампой накаливания, подвесные для промышленных предприятий) с КСС типа Г-1, степень защиты согласно [4, табл. 6.4] – 5'3. Над выходом из цеха устанавливаем световой указатель «Выход», в качестве которого принимаем светильник НБП01-60-002 с лампой накаливания Б215-225-60. Все указанные светильники питаются от щитка аварийного освещения.

Для расчета эвакуационного освещения воспользуемся точечным методом расчета освещенности.

На плане помещения с известным расположением светильников (рис. 1) намечаем контрольные точки 1 и 2, в которых ожидается наименьшая освещенность. В соответствии с нормативными требованиями аварийное эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность на полу основных проходов не менее 0,5 лк. Для того чтобы проверить, выполняется ли это требование при принятом расположении светильников эвакуационного освещения, рассчитаем освещенность, создаваемую ими в контрольных точках.

Определим освещенность, создаваемую в контрольной точке 1 ближайшими светильниками аварийного освещения. Для аварийного освещения расчетная высота определяется расстоянием от светильника до пола, т.е. $H_p + h_p$.

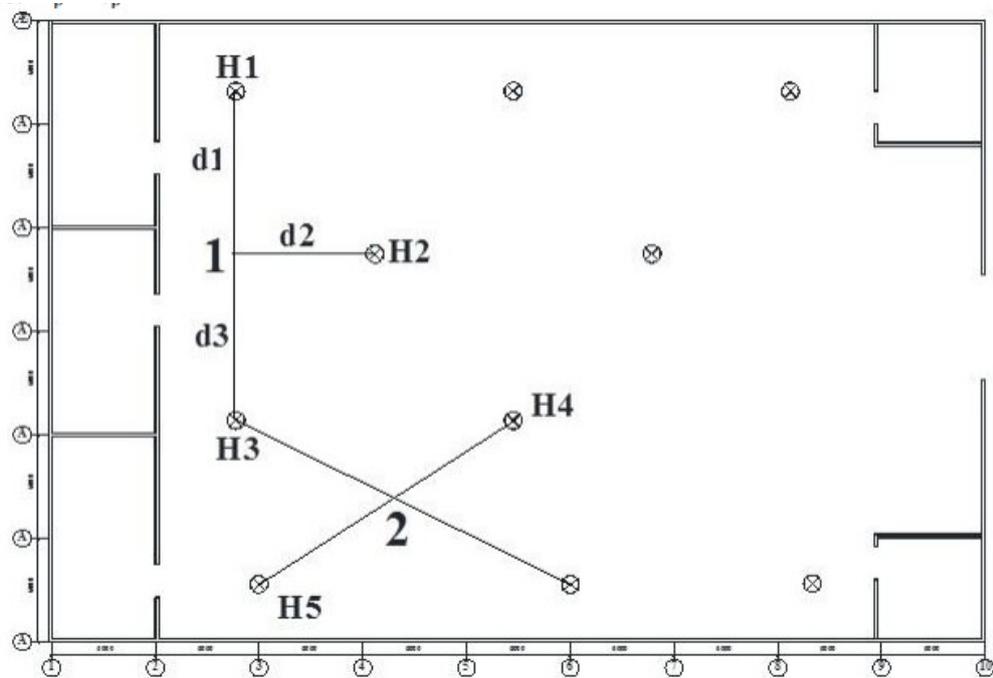


Рисунок 1 – Эвакуационное освещение прессового цеха полимеров

По плану находим $d_1 = d_3 = 7,5$ м, $d_2 = 15$ м.

- Определим тангенс угла падения светового луча в расчетную точку от светильников H1 и H3:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_1}{H_p + h_p} = \frac{7,5}{5,4 + 0,8} = 1,21 \text{ следовательно } \alpha_1 = \alpha_3 = 50^\circ.$$

Определим тангенс угла падения светового луча в расчетную точку от светильника H2:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_2}{H_p + h_p} = \frac{15}{5,4 + 0,8} = 2,42 \text{ следовательно } \alpha_2 = 68^\circ.$$

Для КСС Г-1 принятого светильника НСП21 с условной лампой со световым потоком 1000 лм определим силу света по [4, табл. 8.11]:

для $\alpha = 50^\circ$ сила света $I_{\alpha(1000)} = 189,6$ кд

для $\alpha = 68^\circ$ силу света найдем с помощью линейной интерполяции: $\alpha 65^\circ$

$I_{\alpha(1000)} = 137,6$ кд, $\alpha 70^\circ I_{\alpha(1000)} = 100,9$ кд.

Интерполируя эти данные, получим значение силы света для $\alpha_2 = 68^\circ$:

$$I_{\alpha=68^\circ(1000)} = 137,6 + \frac{(68 - 65)}{(70 - 65)} \times (100,9 - 137,6) = 115,58 \text{ кд}$$

Определим освещенность $E_{(1000)}$ в точке 1:

– от светильника Н1 (или Н3) с условной лампой в 1000 лм

$$I_{\alpha(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \times \cos^3 \alpha}{(H_p + h_p)^2} = \frac{115,58 \times \cos^3 68}{(5,4 + 0,8)^2} = 4,28 \text{ лк}$$

– от светильника Н2 с условной лампой в 1000 лм

$$I_{\alpha(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \times \cos^3 \alpha}{(H_p + h_p)^2} = \frac{189,6 \times \cos^3 50}{(5,4 + 0,8)^2} = 0,30 \text{ лк}$$

Определим суммарную освещенность в контрольной точке 1:

$$\Sigma E_{(1000)} = 4,28 + 4,28 + 0,30 = 8,86 \text{ лк}$$

Рассчитаем освещенность для точки 2 от светильников Н3, Н4 Н5 и Н6.

По плану находим $d_4 = d_5 = d_6 = d_7 = 9 \text{ м}$.

Так как расстояния от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку, одинаковы, то расчет произведем на примере одного светильника.

Определим тангенс угла падения светового луча в расчетную точку от светильника Н3:

$$\text{tg } \alpha_4 = \frac{d_4}{H_p + h_p} = \frac{9}{5,4 + 0,8} = 1,45 \text{ следовательно } \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = 55^\circ.$$

Для КСС Д-2 принятого светильника НСП21 с условной лампой со световым потоком 1000 лм определим силу света по [4, табл. 8.11] = 179,0 кд

Определим освещенность $E_{(1000)}$ в точке 2:

– от светильников Н3, Н4 Н5 и Н6 с условной лампой в 1000 лм

$$I_{\alpha(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \times \cos^3 \alpha}{(H_p + h_p)^2} = 179,0 \times \cos^3 55 \times \frac{i}{(5,4 + 0,8)^2} = 0,41 \text{ лк}$$

Определим суммарную освещенность в контрольной точке 2:

$$\Sigma E_{(1000)} = 0,41 + 0,41 + 0,41 + 0,41 = 1,63 \text{ лк}$$

Наихудшей по освещенности оказывается точка 2, суммарная освещенность которой составляет 1,63 лк.

По [4, табл. 5.1] с учетом данных из [4, табл. 6.4 столбец «Тип лампы»] принимаем для эвакуационного освещения светильники типа НСП03-60-01 с лампами типа Б215-225-60 мощностью 60 Вт со световым потоком $\Phi_{л} = 730 \text{ лм}$.

Определим искомую освещенность в контрольной точке 2, принимая коэффициент $\mu = 1,1$:

$$\sum_{\square} \square E = i \frac{E_{1000} \times \Phi_{\lambda} \times \mu}{K_3 \times 1000} = \frac{1,63 \times 730 \times 1,1}{1,5 \times 1000} = 0,873$$

Полученные результаты сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты расчета освещенности

Контр. точка	№ СВ	d, м	α, град	Освещенность E_{1000} в контрольных точках, лк		Искомая освещенность	Тип светильника	Тип источника света
				от 1-го светильника	ΣE_{1000}			
1	Н1	7,5	50	4,28	8,86	–	НСП03-60-01	Б215-225-60
	Н2	15	68	0,30				
	Н3	7,5	50	4,28				
2	Н3	9,0	55	0,41	1,63	0,87	НСП03-60-01	Б215-225-60
	Н4	9,0	55	0,41				
	Н5	9,0	55	0,41				
	Н6	9,0	55	0,41				

7 Разработка схемы питания осветительной установки

Питание осветительных установок осуществляется от двухтрансформаторной КТП 10/0,4 в которой установлены два трансформатора по 400 кВА каждый. КТП расположена в самом проектируемом помещении (помещение 3).

В соответствие с нормативно-правовой документацией для вновь строящихся и реконструируемых предприятий применяем схему заземления электрической сети TN-S (пятипроводная: три фазы, рабочий нулевой, защитный нулевой проводники для питания МЩО, ЩО1, ЩО2 и светильников основного помещения; трехпроводная: одна фаза, рабочий и защитный нулевой проводники для питания светильников вспомогательных освещений и аварийного освещения).

Источником питания рабочего освещения будет служить РУ-0,4 кВ КТП, т.к. отсутствуют другие источники питания. Электрическую осветительную сеть питанием по магистральной и радиальной схеме. Намечаем для групповых щитка ЩО1 и ЩО2.

Питание групповых щитков (ЩО1 и ЩО2) рабочего освещения осуществляется от РУ-0,4 кВ КТП через магистральный щиток, т.к. количество линейных автоматов в панели РУ-0,4 кВ КТП ограничено.

От КТП до МЩО осветительная сеть будет питаться по магистральной линии, а от МЩО к ЩО1 и ЩО2 по радиальной. Радиальная схема выбрана для увеличения надежности осветительной сети, т.к. при коротком замыкании отключается групповая сеть одного щитка.

Питание щитков аварийного освещения ЩО1а осуществляется от панели РУ-0,4 кВ КТП.

Питание групповых щитков (ЩО1 и ЩО2) рабочего освещения осуществляется через магистральный щиток (МЩО), непосредственно от КТП. Схема питания электрического освещения представлена на рисунке 2.

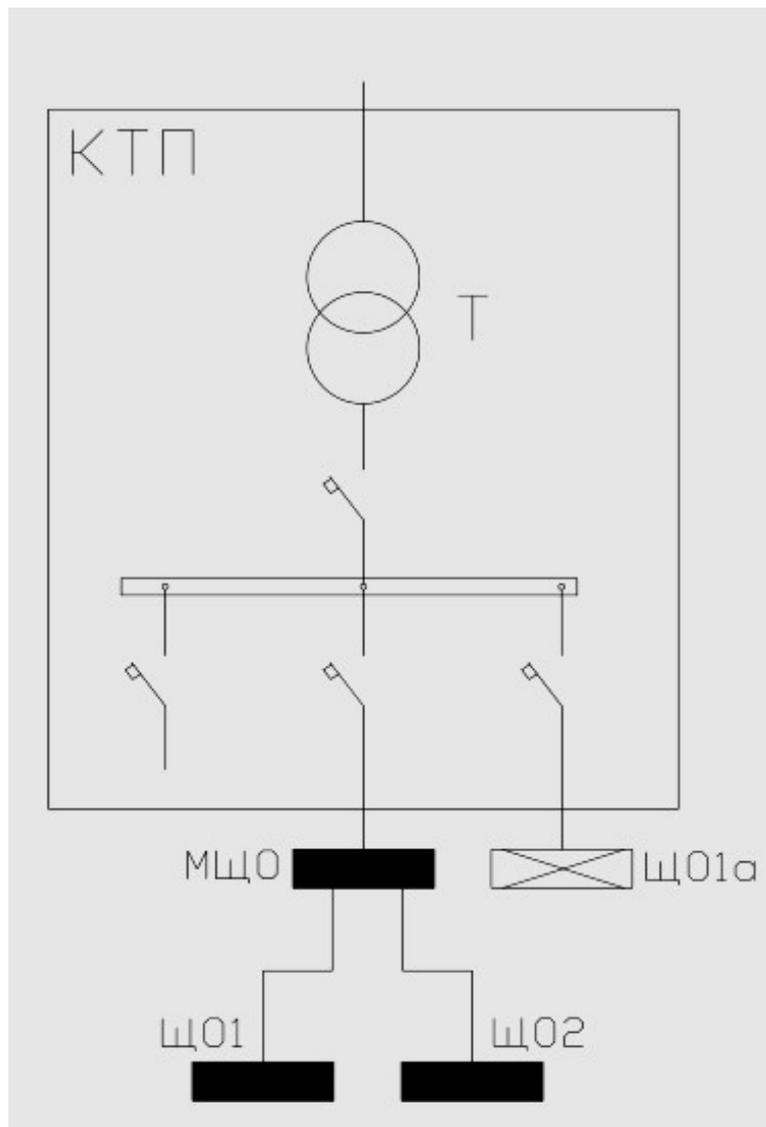


Рисунок 2 – Схема питания электрического освещения

8 Определение мест расположения щитков освещения и трассы электрической сети

Щиток ЩО1 располагаем на стене слева от входа в помещение 3 (КТП). От щитка ЩО1 будет питаться полностью рабочее освещение основного помещения прессового цеха полимеров по четырем 3-х фазным линиям, выполненных пятижильными кабелями. В каждой линии будет находиться по 6-7 светильников РСР08 с лампами типа ДРЛ 400 (12)-4 мощностью 400 Вт.

Также от ЩО1 запитаны светильники помещения 3 (КТП), помещения 4 (гардероб) и помещения 5 (склад сырья) по трём 1-но фазным линиям, выполненным трехжильными кабелями.

Щиток ЩО2 располагаем на стене слева от входа в основное помещение. От ЩО2 питаются две однофазных линии (трехжильный кабель): светильники комнаты начальника смены (помещение 2) и склада продукции (рис. 3).

Магистральный щиток МЩО будет располагаться на стене справа при входе в КТП.

Щиток аварийного освещения ЩО1а питаем по отдельной линии от КТП. Эвакуационное освещение будем питать по пяти однофазным линиям. Четыре линии питают четыре ряда светильников НСП21-60-001 с лампами типа Б215-225-60 мощностью 60 Вт аварийного освещения. Пятая линия питает указательные светильники аварийного выхода НБП01-60-002.

Трасса электрической сети будет проходить по стенам в четырех направлениях, первая – от КТП к щитку МЩО, вторая – от щитка МЩО к щитку ЩО1, третья – от щитка МЩО к щитку ЩО2, четвертая – от КТП к щитку ЩО1а.

Схема расположения щитков освещения и трассы электрической сети представлена на рисунке 2. Места установки щитков выбраны для удобства обслуживания, а также для уменьшения длины групповых линий и потерь напряжения в осветительных сетях.

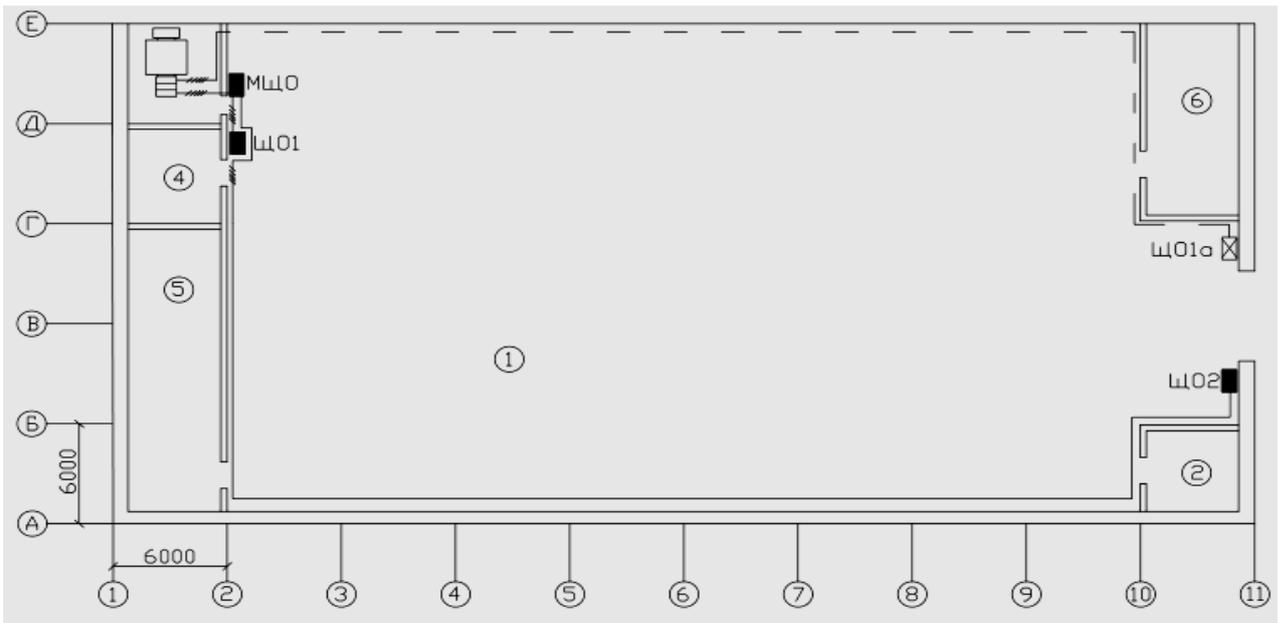


Рисунок 3 – Схема расположения щитков освещения и трассы электрической сети

9 Выбор типа щитков освещения, марки проводов и кабелей и способов их прокладки

В качестве магистрального щитка МЩО по [4, табл. 14.5] с учетом данных из [4, табл. 14.10] выбираем пункт распределительный осветительный ПР8501-007 (четыре трехполюсных автоматических выключателя).

В качестве щитка рабочего освещения ЩО1 по [4, табл. 14.6] с учетом данных из [4, табл. 14.11] выбираем пункт распределительный осветительный ПР41-4303-43У4 (три однополюсных автоматических выключателя и пять трехполюсных), а также ЩО2 по [4, табл. 14.5] с учетом данных из [4, табл. 14.10] выбираем распределительный пункт ПР8501-046 (шесть однополюсных автоматических выключателей).

В качестве щитка аварийного освещения ЩО1а по [4, табл. 14.5] с учетом данных из [4, табл. 14.10] выбираем распределительный пункт ПР8501-046 (шесть однополюсных автоматических выключателей).

Способ установки – открытый – подвешиваются на стены помещений, на удобной для обслуживания высоте $\approx 1,5$ м.

В таблице 13 указаны выбранные данные.

Таблица 13 – Выбор типа щитка освещения

Щиток освещения	Количество линий в щитке		Тип щитка	Количество автоматов		Тип автоматов	Способ установки
	1- фазных	3- фазных		1- фазных	3- фазных		
МЩО	-	2	ПР8501-007	-	4	ВА51-31	на стене
ЩО1	3	4	ПР41-4303- 43У4	3	5	АЕ2044/ АЕ2046-10Б	на стене
ЩО2	2	-	ПР8501-046	6	-	ВА51-29	на стене
ЩО1а	5	-	ПР8501-046	6	-	ВА51-29	на стене

В качестве электрической проводки во всех помещениях цеха выбираем кабели с алюминиевыми жилами и двойной изоляцией типа АВВГ. Способ прокладки проводов и кабелей сети электрического освещения определяем характером производства, наличием соответствующих строительных конструкций (плит перекрытия, ферм и т.д.) и требованиями технической эстетики.

Результаты выбора марки и способа прокладки проводов и кабелей сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Выбор типа и способа прокладки проводов и кабелей

Участок	Марка провода	Способ прокладки (наименование помещения)
КТП – МЦО	АВВГ	Открытый в кабельном канале (КТП), в трубе (прессовый цех)
КТП – ЩО 1а	АВВГ	Открытый в кабельном канале (КТП), в коробе (прессовый цех)
МЦО – ЩО1	АВВГ	Открытый в коробе (прессовый цех)
ЩО1 – С1	АВВГ	Открытый, на тросах, под потолочными перекрытиями помещения (прессовый цех)
ЩО1 – С2	АВВГ	
ЩО1 – С3	АВВГ	
ЩО1 – С4	АВВГ	
ЩО1 – С5	АВВГ	Скрытый, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий (КТП)
ЩО1 – С6	АВВГ	Скрытый, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий (гардероб)
ЩО1 – С7	АВВГ	Скрытый, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий (склад сырья)
МЦО – ЩО2	АВВГ	Открытый в коробе (прессовый цех)
ЩО2 – С8	АВВГ	Скрытый, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий (кабинет начальника смены)
ЩО2 – С9	АВВГ	Скрытый, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий (склад продукции)

10 Определение расчетной осветительной нагрузки помещения прессового цеха полимеров и вспомогательных помещений

Линии С1, С2, С3, С4 – трехфазные. Линии С5, С6, С7, С8, С9 – однофазные (фаза, нулевой рабочий и защитный проводники). Распределение светильников по фазам L1, L2, L3 произведено так, чтобы в максимальной степени уменьшить проявления стробоскопического эффекта и по возможности равномерно загрузить фазы.

Длины участков линий определим по плану с учетом вертикальной и горизонтальной прокладки кабелей.

Принимаем для линий С1, С2, С3, С4 длину участка вертикальной трассы 6,0 м.

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С1: $l_1 = 6 + 6 = 12$ м,

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С2: $l_1 = 6 + 10 = 16$ м

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С3: $l_1 = 6 + 18 = 24$ м

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С4: $l_1 = 6 + 26 = 32$ м

Расстояние между соседними светильниками в ряду системы рабочего освещения для линий С2, С4 составляет 8,3 м (рис. 3).

Принимаем для линии С5 длину участка вертикальной трассы 3,5 м, для линии С6, С7 – 3 м.

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С5: $l_1 = 3,5 + 2,5 = 6$ м

Длина линии С5 = 15 м.

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С6: $l_1 = 3 + 4 = 7$ м

Длина от точки разветвления до центра приложения суммарной нагрузки каждого плеча ответвления $l_2 = 1,5$ м.

Расстояние от ЩО1 до первого светильника линии С7: $l_1 = 3 + 15 = 18$ м

Длина от точки разветвления до центра приложения суммарной нагрузки каждого плеча ответвления $l_2 = 3,5$ м., $l_3 = 6,5$ м.

Для линий С8, С9 принимаем длину участка вертикальной трассы 3,5 м.

Расстояние от ЩО2 до первого светильника l_1 линии С8: $l_1 = 3,5 + 20 = 23,5$ м.

Длина от точки разветвления до центра приложения суммарной нагрузки каждого плеча ответвления $l_2 = 4$ м.

Расстояние от ЩО2 до первого светильника l_1 линии С9: $l_1 = 3,5 + 12 = 15,5$ м

Длина от точки разветвления до центра приложения суммарной нагрузки каждого плеча ответвления $l_2 = 1,5$ м.

Расчетная схема сети рабочего освещения прессового цеха полимеров представлена на рисунке 4.

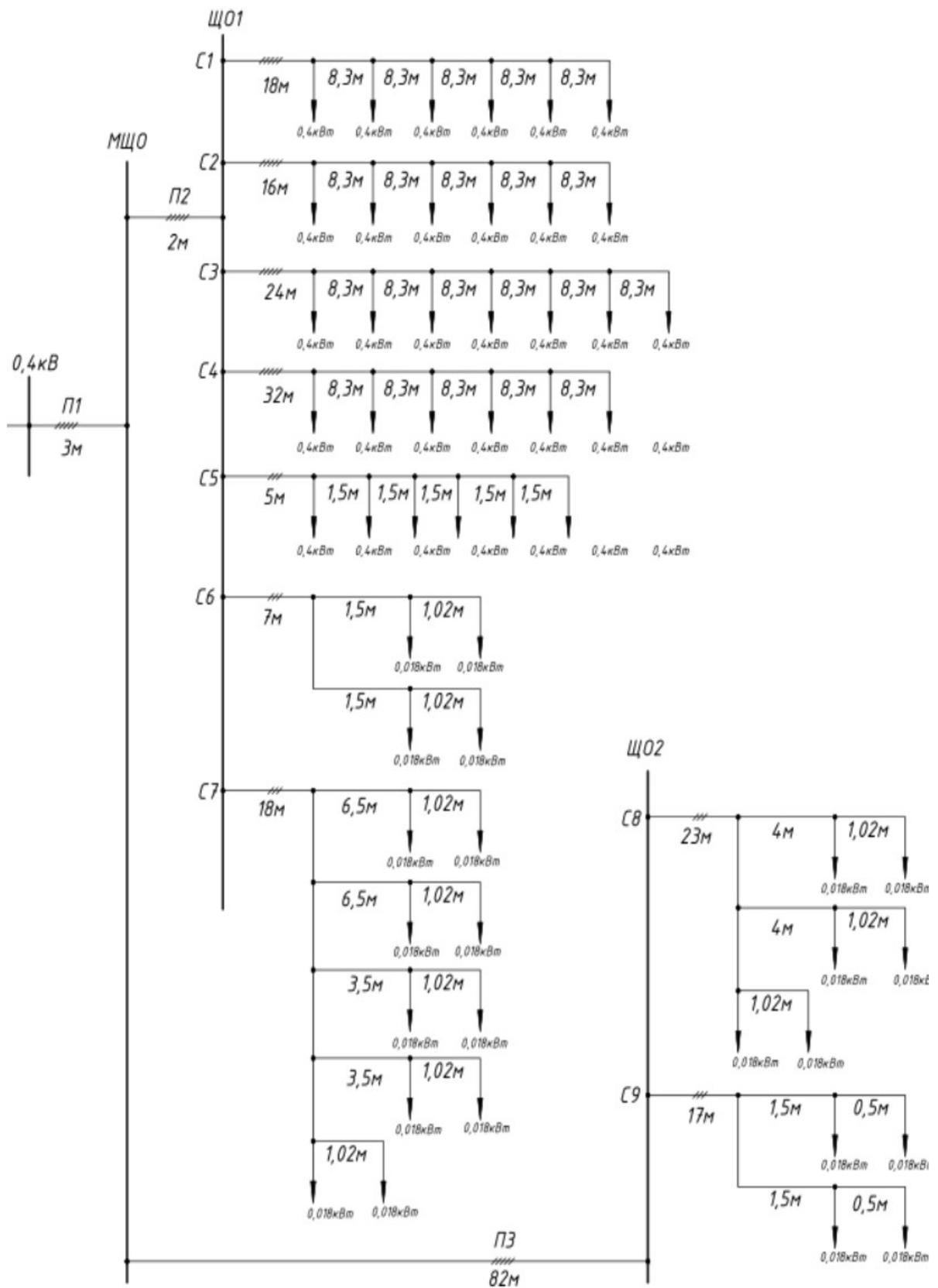


Рисунок 4 – Расчетная схема сети рабочего освещения прессового цеха полимеров.

Определим расчетные нагрузки групповых линий, приняв $K_c = 1$:

$$\text{Линия С1: } P_{p1} = K_c \times 1,1 \times \sum_1^{k_1} \square P_{p_{\text{лвод}}} = 1 \times 1,1 \times 6 \times 0,4 = 2,640 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С2: } P_{p2} = K_c \times 1,1 \times \sum_1^{k_2} \square P_{p_{\text{лвод}}} = 1 \times 1,1 \times 6 \times 0,4 = 2,640 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С4: } P_{p4} = K_c \times 1,1 \times \sum_1^{k_4} \square P_{p_{\text{лвод}}} = 1 \times 1,1 \times 6 \times 0,4 = 2,640 \text{ кВт}$$

По трехфазной линии С3 питаются 7 светильников, что не позволяет равномерно распределить их по фазам. К фазе L1 подключается три светильника, к фазам L2 и L3 – два. Так как L2 и L3 загружены одинаково, то расчетная нагрузка наиболее загруженной фазы L1:

$$P_{p_{\text{мф3}}} = K_c \times 1,1 \times \sum_1^{k_{3, \text{м}}} \square P_{p_{\text{лвод}}} = 1 \times 1,1 \times 3 \times 0,4 = 1,32 \text{ кВт}$$

В этом случае расчетная нагрузка групповой линии С3:

$$P_{p3} = 3 \times P_{p_{\text{мф3}}} = 3 \times 1,32 = 3,960 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С5: } P_{p5} = K_c \times 1,2 \times \sum_1^m \square P_{p_{\text{лл}}} = 1 \times 1,2 \times 0,018 \times 6 = 0,130 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С6: } P_{p6} = K_c \times 1,2 \times \sum_1^m \square P_{p_{\text{лл}}} = 1 \times 1,2 \times 0,018 \times (3 + 3) = 0,130 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С7: } P_{p7} = K_c \times 1,2 \times \sum_1^m \square P_{p_{\text{лл}}} = 1 \times 1,2 \times 0,018 \times (3+3+3+3+3) = 0,324 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С8: } P_{p8} = K_c \times 1,2 \times \sum_1^m \square P_{p_{\text{лл}}} = 1 \times 1,2 \times 0,018 \times (3+3+3) = 0,130 \text{ кВт}$$

$$\text{Линия С9: } P_{p9} = K_c \times 1,2 \times \sum_1^m \square P_{p_{\text{лл}}} = 1 \times 1,2 \times 0,018 \times (4 + 4) = 0,456 \text{ кВт}$$

Для линии, питающей МЦО, $K_c = 0,95$, а для ЩО1 и ЩО2 $K_c = 1$. Тогда их расчетные нагрузки:

$$\begin{aligned} P_{\text{МЦО}} &= K_c \times (P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5} + P_{p6} + P_{p7} + P_{p8} + P_{p9}) = \\ &= 0,95 \times (2,640 + 2,640 + 3,960 + 2,640 + 0,130 + 0,130 + 0,324 + 0,130 + 0,456) = \\ &= 12,39 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ЩО1}} &= K_c \times (P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5} + P_{p6} + P_{p7} + P_{p8} + P_{p9}) = \\ &= 1 \times (2,640 + 2,640 + 3,960 + 2,640 + 0,130 + 0,130 + 0,324 + 0,130 + 0,456) = \\ &= 13,05 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$P_{\text{ЩО2}} = K_c \times (P_{p8} + P_{p9}) = 1 \times (0,130 + 0,456) = 0,59 \text{ кВт}$$

Результаты определения расчетной мощности общего рабочего освещения цеха и вспомогательных помещений сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчетные мощности общего рабочего освещения прессового цеха полимеров и вспомогательных помещений

Участок сети	Тип лампы	Мощность лампы	Количество ламп	K_c	P_p
Групповая линия С1	ДРЛ	400	6	1	2,640
Групповая линия С2	ДРЛ	400	6	1	2,640
Групповая линия С3	ДРЛ	400	7	1	3,960
Групповая линия С4	ДРЛ	400	6	1	2,640
Групповая линия С5	ЛБ	18	6	1	0,130
Групповая линия С6	ЛБ	18	9	1	0,130
Групповая линия С7	ЛБ	18	15	1	0,324
Групповая линия С8	ЛБ	18	9	1	0,194
Групповая линия С9	ЛБ	18	8	1	0,456
Распределительная линия МЦО-ЩО1	–	–	–	1	12,46
Распределительная линия МЦО-ЩО2	–	–	–	1	0,54
Питающая линия КТП-МЦО	–	–	–	0,95	12,35

11 Выбор сечения проводов и кабелей и расчет защиты осветительной сети

Питание осветительных установок осуществляется от трансформаторной КТП с трансформатором типа ТМГ10-400, имеющими следующие паспортные данные: мощность трансформатора $n \times S_{\text{нт}} = 2 \times 400$ кВА, потери короткого замыкания $\Delta P_k = 5,5$ кВт, напряжение короткого замыкания $U_k = 4,5$ %.

Трансформаторы работают с коэффициентом мощности нагрузки $\cos \varphi_T = 0,86$, коэффициент загрузки трансформаторов $\beta_T = 0,88$.

Линии С1, С2, С3, С4 – трехфазные, выполнены пятижильными кабелями и прокладываются на тросах под потолочными перекрытиями основного помещения. Линии С5, С6, С7, С8, С9 – однофазные, выполнены трехжильным кабелем, прокладываются скрыто, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий. Линия П1 трехфазная, выполнена пятижильным кабелем, прокладывается открыто, в кабельном канале в КТП и в трубе в цеху. Питающие линии П2, П3 – трехфазные, выполнены пятижильными кабелями, прокладываются открыто, в коробе.

Для рабочего освещения приняты групповые щитки ЩО1: ПР41-4303-43У4 (3 однополюсных автоматических выключателя типа АЕ2044 и 5 трехполюсных типа АЕ2046), а также ЩО2: ПР8501-002 (6 однополюсных автоматических выключателя типа ВА51-29). Для МЩО – пункт распределительный осветительный ПР8501-007 (4 трехполюсных автоматических выключателя типа ВА51-31).

11.1 Выбор сечения проводников линии, питающей МЩО

Рассчитаем допустимую потерю напряжения в сети электрического освещения, начиная от КТП и заканчивая зажимами наиболее удаленного светильника. Для этого предварительно вычисляем активную U_a и реактивную U_p составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора:

$$U_{ka} = \frac{\Delta P_k}{S_{\text{нт}}} \times 100 \% = \frac{5,5}{400} \times 100 = 1,375 \%$$

$$U_{kp} = \sqrt{U_k^2 - U_{ka}^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,375^2} = 4,245 \%$$

Найдем значение $\sin \varphi_T$:

$$\cos \varphi_T = 0,86 \Rightarrow \arccos 0,86 = 30,7^\circ \Rightarrow \sin 30,7^\circ = 0,51.$$

Определим потери напряжения в трансформаторе:

$$\Delta U_T = \beta_T \times (U_{ka} \times \cos \varphi_T + U_{kp} \times \sin \varphi_T) = 2,97 \%$$

Тогда величина допустимой потери напряжения в сети электрического освещения:

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_x - U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{T}} = 105 - 95 - 2,97 = 7,036 \%$$

где U_x – напряжение холостого хода на вторичной стороне трансформатора = 105 %;

$U_{\text{л}}$ – минимально допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы = 95 %.

Определим собственные моменты нагрузок соответствующих линий (рис. 4):

– линия, питающая МЦО (пятижильная):

$$M_{\text{П1}} = P_{\text{рП1}} \times L_{\text{П1}} = 12,35 \times 3 = 37,049 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия, питающая ЦО1 (пятижильная):

$$M_{\text{П2}} = P_{\text{рП2}} \times L_{\text{П2}} = 12,46 \times 2 = 24,926 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия, питающая ЦО2 (пятижильная):

$$M_{\text{П3}} = P_{\text{рП3}} \times L_{\text{П3}} = 0,54 \times 82 = 43,997 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С1 (пятижильная):

$$M_1 = P_{\text{р1}} \times \left(l_1 + l \times \frac{n-1}{2} \right) = 2,64 \times \left(18 + 8,3 \times \frac{6-1}{2} \right) = 102,3 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С2 (пятижильная):

$$M_2 = P_{\text{р2}} \times \left(l_1 + l \times \frac{n-1}{2} \right) = 2,64 \times \left(16 + 8,3 \times \frac{6-1}{2} \right) = 97,02 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С3 (пятижильная):

$$\begin{aligned} M_3 = & P_1 \times l_1 + P_2 \times (l_1 + l_2) + P_3 \times (l_1 + l_2 + l_3) + P_4 \times (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + \\ & + P_5 \times (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5) + P_6 \times (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6) + \\ & + P_7 \times (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7) = 0,4 \times 24 + 0,4 \times (24 + 8,3) + \\ & + 0,4 \times (24 + 8,3 + 8,3) + 0,4 \times (24 + 8,3 + 8,3 + 8,3) + \\ & + 0,4 \times (24 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3) + 0,4 \times (24 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3) + \\ & + 0,4 \times (24 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3 + 8,3) = 95,4 \text{ кВт} \times \text{м} \end{aligned}$$

– линия С4 (пятижильная):

$$M_4 = P_{\text{р4}} \times \left(l_1 + l \times \frac{n-1}{2} \right) = 2,64 \times \left(32 + 8,3 \times \frac{6-1}{2} \right) = 87,038 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С5 (трехжильная):

$$m_5 = P_{\text{р5}} \times l_1 + l \times \frac{n-1}{2} = 0,5 \times \left(5 + 1,5 \times \frac{6-1}{2} \right) = 13,75 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С6 (трехжильная):

$$m_6 = P_{\text{р6}} \times l_1 + \frac{P_{\text{р6}}}{2} \times l_2 = 0,13 \times 7 + \frac{0,13}{2} \times 1,5 = 1 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С7 (трехжильная):

$$m_7 = P_{\text{р7}} \times l_1 + \frac{P_{\text{р7}}}{2} \times l_2 + \frac{P_{\text{р7}}}{2} \times l_3 = 0,324 \times 18 + \frac{0,324}{2} \times 3,5 + \frac{0,324}{2} \times 6,5 = 7,452$$

– линия С8 (трехжильная):

$$m_8 = P_{p8} \times l_1 + \frac{P_{p8}}{2} \times l_2 = 0,194 \times 23 + \frac{0,194}{2} \times 4 = 4,86 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С8 (трехжильная):

$$m_8 = P_{p8} \times l_1 + \frac{P_{p8}}{2} \times l_2 = 0,194 \times 23 + \frac{0,194}{2} \times 4 = 4,86 \text{ кВт} \times \text{м}$$

– линия С9 (трехжильная):

$$m_9 = P_{p9} \times l_1 + \frac{P_{p9}}{2} \times l_2 = 0,342 \times 17 + \frac{0,342}{2} \times 1,5 = 6,07 \text{ кВт} \times \text{м}$$

По [4, табл. 12.12] принимаем коэффициент приведения моментов равным $\alpha = 1,85$.

Для выбора сечения проводников линии, питающей МЦО1, по допустимой потере напряжения определяем ее приведенный момент нагрузки:

$$M_{\text{прП1}} = M_{\text{П1}} + M_{\text{П2}} + M_{\text{П3}} + M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + \alpha \times (m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9) = 37,049 + 24,926 + 43,997 + 102,3 + 97,02 + 95,4 + 139,26 + 1,85 \times (13,75 + 1 + 7,452 + 4,86 + 6,07) = 601,260 \text{ кВт} \times \text{м}$$

По [4, табл. 12.11] находим коэффициент $C_{\text{П1}} = 48$. Далее определяем сечение жил питающего кабеля по формуле:

$$F_{\text{П1}} = \frac{M_{\text{прП1}}}{C_{\text{П1}} \times \Delta U_{\text{дон}}} = \frac{601,260}{48 \times 7,036} = 1,78 \text{ мм}^2$$

С учетом [4, табл. 12.6], выбираем подходящее стандартное сечение проводника $2,5 \text{ мм}^2$. Выбираем кабель АВВГ $5 \times 2,5$ и по [4, табл. 12.6] определяем для него при прокладке в воздухе допустимый длительный ток как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу:

$$I_{\text{дон П1}} = 0,9 \times 19 = 17,1 \text{ А}$$

Проверяем выбранный кабель по условию допустимого нагрева, принимая для нормальных условий прокладки $K_{\text{П}} = 1$.

Принимаем коэффициент мощности осветительной нагрузки для линий С1-С4 $\cos \varphi_1 = 0,5$; для линий С5-С8 $\cos \varphi_2 = 0,92$; для линии С9 $\cos \varphi_3 = 0,9$.

Определим средневзвешенное значение коэффициента мощности нагрузки линии по выражению:

$$\cos \varphi_{\text{П1}} = \frac{\cos \varphi_1 \times (P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4}) + \cos \varphi_2 \times (P_{p5} + P_{p6} + P_{p7} + P_{p8}) + \cos \varphi_3 \times P_{p9}}{P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5} + P_{p6} + P_{p7} + P_{p8} + P_{p9}}$$

$$= \frac{0,5 \times (2,64 + 2,64 + 3,96 + 2,64) + 0,92 \times (0,13 + 0,13 + 0,324 + 0,194) + 0,9 \times 0,342}{2,64 + 2,64 + 3,96 + 2,64 + 0,13 + 0,13 + 0,324 + 0,194 + 0,342} = 0,54$$

Расчетный ток линии находим по формуле:

$$I_{p\Pi 1} = \frac{P_{p\Pi 1}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_{\Pi 1}} = \frac{12,350}{3 \times 0,23 \times 0,54} = 33,41 \text{ А}$$

Так как $33,41 \text{ А} > 17,1 \text{ А}$, то выбранный по допустимой потере напряжения кабель не удовлетворяет условию нагрева. Выбираем кабель по [4, табл. 12.6] АВВГ 5×10 с $I_{доп \Pi 1} = 0,9 \times 42 = 37,8 \text{ А}$.

Производим расчет фактической потери напряжения в линии, питающей МЩО, по собственному моменту линии:

$$\Delta U_{\Pi 1} = \frac{M_{\Pi 1}}{C \times F_{\Pi 1}} = \frac{37,049}{48 \times 10} = 0,08 \%$$

Таким образом, оставшаяся величина допустимых потерь напряжения:

$$\Delta U'_{доп} = \Delta U_{доп} - \Delta U_{\Pi 1} = 7,063 - 0,08 = 6,96 \%$$

11.2 Выбор сечений проводников линии, питающей ЩО1

Определяем площадь сечения жилы кабеля линии, питающей ЩО1, по приведенному моменту ее нагрузки:

$$M_{пр\Pi 2} = M_{\Pi 2} + M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + \alpha \times (m_5 + m_6 + m_7) = 24,926 + 102,3 + 97,02 + 95,4 + 139,26 + 1,85 \times 13,75 + 1 + 7,452 = 500 \text{ кВт} \times \text{м}$$

По [4, табл. 12.11] находим коэффициент $C_{\Pi 2} = 48$. Тогда сечение жилы кабеля линии, питающей ЩО1:

$$F_{\Pi 2} = \frac{M_{пр\Pi 2}}{C_{\Pi 2} \times \Delta U'_{доп}} = \frac{500}{48 \times 6,96} = 1,5 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6], выбираем подходящее стандартное сечение проводника $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $5 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{доп \Pi 2} = 0,9 \times 19 = 17,1 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии, предварительно вычислив средневзвешенное значение коэффициента мощности нагрузки линии по выражению:

$$\cos \varphi_{\Pi 2} = \frac{\cos \varphi_1 \times (P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4}) + \cos \varphi_2 \times (P_{p5} + P_{p6} + P_{p7})}{P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5} + P_{p6} + P_{p7}} =$$

$$= \frac{0,5 \times (2,64 + 2,64 + 3,96 + 2,64) + 0,92 \times (0,13 + 0,13 + 0,324)}{2,64 + 2,64 + 3,96 + 2,64 + 0,13 + 0,13 + 0,324} = 0,52$$

Расчетный ток линии находим по формуле:

$$I_{p\Pi 2} = \frac{P_{p\Pi 2}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_{\Pi 2}} = \frac{12,46}{3 \times 0,23 \times 0,52} = 30,7 \text{ А}$$

Так как $30,7 \text{ А} > 17,1 \text{ А}$, то выбранный по допустимой потере напряжения кабель не удовлетворяет условию нагрева. Выбираем по [4, табл. 12.6] кабель АВВГ 5×10 с $I_{доп \Pi 2} = 0,9 \times 42 = 37,8 \text{ А}$.

Фактические потери напряжения в линии, питающей ЩО1:

$$\Delta U_{\Pi 2} = \frac{M_{\Pi 2}}{C \times F_{\Pi 2}} = \frac{500}{48 \times 10} = 1,04 \%$$

Таким образом, оставшаяся величина допустимой потери напряжения:

$$\Delta U''_{доп} = \Delta U'_{доп} - \Delta U_{\Pi 2} = 6,96 - 1,04 = 5,92 \%$$

11.3 Выбор сечений проводников линии, питающей ЩО2

Определяем площадь сечения жилы кабеля линии, питающей ЩО2, по приведенному моменту ее нагрузки:

$$M_{np\Pi 3} \dot{=} M_{\Pi 3} \times \alpha \times (m_8 + m_9) = 43,997 \times 1,85 \times (4,86 + 6,07) = 889,64 \text{ кВт} \times \text{м}$$

По [4, табл. 12.11] находим коэффициент $C_{\Pi 3} = 48$. Тогда сечение жилы кабеля линии, питающей ЩО2:

$$F_{\Pi 3} = \frac{M_{np\Pi 3}}{C_{\Pi 2} \times \Delta U'_{доп}} = \frac{889,64}{48 \times 6,96} = 2,7 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля 4 мм^2 . Кабель АВВГ 5×4 с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{доп \Pi 3} = 0,9 \times 27 = 24,3 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии, предварительно вычислив средневзвешенное значение коэффициента мощности нагрузки линии по выражению:

$$\cos \varphi_{\Pi 3} = \frac{\cos \varphi_2 \times P_{p8} + \cos \varphi_3 \times P_{p9}}{P_{p8} + P_{p9}} = \frac{0,92 \times 0,194 + 0,9 \times 0,342}{0,194 + 0,342} = 0,91$$

Расчетный ток линии находим по формуле:

$$I_{p\Pi3} = \frac{P_{p\Pi3}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_{\Pi3}} = \frac{0,54}{3 \times 0,23 \times 0,91} = 0,86 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($0,86 \text{ А} < 24,3 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии, питающей ЩО2:

$$\Delta U_{\Pi3} = \frac{M_{\Pi3}}{C \times F_{\Pi3}} = \frac{43,997}{48 \times 4} = 0,23 \%$$

Тогда оставшаяся величина допустимых потерь напряжения:

$$\Delta U''_{\text{доп}} = \Delta U'_{\text{доп}} - \Delta U_{\Pi3} = 6,96 - 0,23 = 6,73 \%$$

11.4 Выбор сечений проводников групповых линий

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С1 с учетом коэффициента $C_{C1} = 48$:

$$F_{C1} = \frac{M_1}{C_{C1} \times \Delta U''_{\text{доп}}} = \frac{102,3}{48 \times 5,92} = 0,4 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $5 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{\text{доп } C1} = 0,9 \times 19 = 24,3 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии С1:

$$I_{pC1} = \frac{P_{p1}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_1} = \frac{2,64}{3 \times 0,23 \times 0,5} = 7,65 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($7,65 \text{ А} < 24,3 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С1:

$$\Delta U_{C1} = \frac{M_1}{C_{C1} \times F_{C1}} = \frac{102,3}{48 \times 2,5} = 0,85 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С2 с учетом коэффициента $C_{C2} = 48$:

$$F_{C2} = \frac{M_2}{C_{C2} \times \Delta U''_{\text{доп}}} = \frac{97,02}{48 \times 5,92} = 8,8 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля 10 мм^2 . Кабель АВВГ 5×10 с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{\text{доп } C2} = 0,9 \times 42 = 37,8 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии С2:

$$I_{pC2} = \frac{P_{p2}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_1} = \frac{2,64}{3 \times 0,23 \times 0,5} = 7,65 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($7,65 \text{ А} < 24,3 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С2:

$$\Delta U_{C2} = \frac{M_2}{C_{C2} \times F_{C2}} = \frac{97,02}{48 \times 10} = 0,2 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С3 с учетом коэффициента $C_{C3} = 48$:

$$F_{C3} = \frac{M_3}{C_{C3} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{95,4}{48 \times 5,92} = 2,3 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $5 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{доп C3} = 0,9 \times 19 = 17,1 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии С3:

$$I_{pC3} = \frac{P_{p3}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_1} = \frac{3,96}{3 \times 0,23 \times 0,5} = 11,48 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($11,48 \text{ А} < 24,3 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С3:

$$\Delta U_{C3} = \frac{M_3}{C_{C3} \times F_{C3}} = \frac{95,4}{48 \times 2,5} = 0,4 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С4 с учетом коэффициента $C_{C4} = 48$:

$$F_{C4} = \frac{M_4}{C_{C4} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{139,26}{48 \times 5,92} = 0,5 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $5 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,9 на четвертую жилу при прокладке в воздухе:

$$I_{доп C4} = 0,9 \times 19 = 17,1 \text{ А}$$

Проверим сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Определим расчетный ток линии С4:

$$I_{pC4} = \frac{P_{p4}}{3 \times U_{нф} \times \cos \varphi_1} = \frac{2,64}{3 \times 0,23 \times 0,5} = 7,65 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($7,65 \text{ А} < 24,3 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С4:

$$\Delta U_{C4} = \frac{M_4}{C_{C4} \times F_{C4}} = \frac{139,26}{48 \times 2,5} = 1,16 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С5 с учетом коэффициента $C_{C5} = 8$:

$$F_{C5} = \frac{m_5}{C_{C5} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{13,75}{8 \times 5,92} = 0,3 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $3 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву при прокладке в воздухе как для двухжильного кабеля: $I_{дон C5} = 21 \text{ А}$. Для проверки сечения жил кабеля по допустимому нагреву определим расчетный ток линии С5:

$$I_{pC5} = \frac{P_{p5}}{U_{нф} \times \cos \varphi_2} = \frac{0,13}{0,23 \times 0,92} = 0,612 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($0,612 \text{ А} < 21 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С5:

$$\Delta U_{C5} = \frac{m_5}{C_{C5} \times F_{C5}} = \frac{139,26}{8 \times 2,5} = 0,69 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С6 с учетом коэффициента $C_{C6} = 8$:

$$F_{C6} = \frac{m_6}{C_{C6} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{1}{8 \times 5,92} = 0,2 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля $2,5 \text{ мм}^2$. Кабель АВВГ $3 \times 2,5$ с допустимым током по нагреву при прокладке в воздухе как для двухжильного кабеля: $I_{дон C6} = 21 \text{ А}$. Для проверки сечения жил кабеля по допустимому нагреву определим расчетный ток линии С6:

$$I_{pC6} = \frac{P_{p6}}{U_{нф} \times \cos \varphi_2} = \frac{0,13}{0,23 \times 0,92} = 0,612 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($0,612 \text{ А} < 21 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С6:

$$\Delta U_{C6} = \frac{m_6}{C_{C6} \times F_{C6}} = \frac{1}{8 \times 2,5} = 0,05 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С7 с учетом коэффициента $C_{C7} = 8$:

$$F_{C7} = \frac{m_7}{C_{C7} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{7,452}{8 \times 5,92} = 0,2 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля 2,5 мм². Кабель АВВГ 3×2,5 с допустимым током по нагреву при прокладке в воздухе как для двухжильного кабеля: $I_{дон\ C7} = 21$ А. Для проверки сечения жил кабеля по допустимому нагреву определим расчетный ток линии С7:

$$I_{pC7} = \frac{P_{p7}}{U_{нф} \times \cos \varphi_2} = \frac{0,324}{0,23 \times 0,92} = 1,53 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева (1,53 А < 21 А).

Фактические потери напряжения в линии С7:

$$\Delta U_{C7} = \frac{m_7}{C_{C7} \times F_{C7}} = \frac{7,452}{8 \times 2,5} = 0,37 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С8 с учетом коэффициента $C_{C8} = 8$:

$$F_{C8} = \frac{m_8}{C_{C8} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{4,86}{8 \times 5,92} = 0,1 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля 2,5 мм². Кабель АВВГ 3×2,5 с допустимым током по нагреву при прокладке в воздухе как для двухжильного кабеля: $I_{дон\ C8} = 21$ А. Для проверки сечения жил кабеля по допустимому нагреву определим расчетный ток линии С8:

$$I_{pC8} = \frac{P_{p8}}{U_{нф} \times \cos \varphi_2} = \frac{0,194}{0,23 \times 0,92} = 0,92 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева (0,92 А < 21 А).

Фактические потери напряжения в линии С8:

$$\Delta U_{C8} = \frac{m_8}{C_{C8} \times F_{C8}} = \frac{4,86}{8 \times 2,5} = 0,24 \%$$

Определяем по [4, табл. 12.11] сечение жил кабеля трехфазной групповой линии С9 с учетом коэффициента $C_{C9} = 8$:

$$F_{C9} = \frac{m_9}{C_{C9} \times \Delta U''_{дон}} = \frac{6,07}{8 \times 5,92} = 0,13 \text{ мм}^2$$

По [4, табл. 12.6] выбираем сечение жилы кабеля 2,5 мм². Кабель АВВГ

3×2,5 с допустимым током по нагреву при прокладке в воздухе как для двухжильного кабеля: $I_{\text{доп } C9} = 21 \text{ А}$. Для проверки сечения жил кабеля по допустимому нагреву определим расчетный ток линии С9:

$$I_{pC9} = \frac{P_{p9}}{U_{\text{нф}} \times \cos \varphi_3} = \frac{0,342}{0,23 \times 0,9} = 1,65 \text{ А}$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ($1,65 \text{ А} < 21 \text{ А}$).

Фактические потери напряжения в линии С9:

$$\Delta U_{C9} = \frac{m_9}{C_{C9} \times F_{C9}} = \frac{6,07}{8 \times 2,5} = 0,3 \%$$

Результаты расчетов питающих и групповых линий сводим в таблицу 16.

Таблица 16 – Результаты расчетов питающих и групповых линий

Линия	Сечение жилы по потере напряжения, мм ²	Расчетный ток линии, А	Марка кабеля, количество и сечение жил, мм ²	Допустимый ток кабеля, А	Фактические потери напряжения, %
П1	10	33,41	АВВГ 5×10	37,8	0,08
П2	10	30,7	АВВГ 5×10	37,8	1,04
П3	4	0,86	АВВГ 5×4	24,3	0,23
С1	2,5	7,65	АВВГ 5×2,5	24,3	0,85
С2	10	7,65	АВВГ 5×2,5	24,3	0,2
С3	2,5	11,48	АВВГ 5×2,5	17,1	0,4
С4	2,5	7,65	АВВГ 5×2,5	17,1	1,16
С5	2,5	0,612	АВВГ 3×2,5	21	0,69
С6	2,5	0,612	АВВГ 3×2,5	21	0,05
С7	2,5	1,53	АВВГ 3×2,5	21	0,37
С8	2,5	0,92	АВВГ 3×2,5	21	0,24
С9	2,5	1,65	АВВГ 3×2,5	21	0,3

11.5 Расчет защиты осветительной сети

Выбор номинальных токов расцепителей автоматических выключателей для защиты групповых линий С1, С2, С3, С4, питающих светильники с

лампами типа ДРЛ осуществляем с учетом пусковых токов ламп по выражению

$$I_{номр} \geq 1,3 \times I_p$$

Тогда для линий С1, С2, С4 : $I_{номр} \geq 1,3 \times I_{pC1,2,4} = 1,3 \times 7,65 = 9,95 \text{ А}$

Для защиты трехфазных групповых линий С1, С2, С4 выбраны трехполюсные автоматические выключатели типа ВА61F29-3С по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{номрC1,2,4} = 10 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 5. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{срC1,2,4} = 10 \times 5 = 50 \text{ А}$

Для защиты групповой линии С3: $I_{номр} \geq 1,3 \times I_{pC3} = 1,3 \times 11,48 = 14,92 \text{ А}$

Для защиты трехфазной групповой линии С3 выбран трехполюсный автоматический выключатель типа ВА61F29-3С по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{номрC3} = 16 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 5. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{срC3} = 16 \times 6 = 96 \text{ А}$

Выбор номинального тока расцепителя автомата, защищающих групповые линии С5, С6, С7, С8, С9, питающие светильники с люминесцентными лампами низкого давления, производим по условию

$$I_{номр} \geq I_p$$

Для линий С5, С6: $I_{номр5,6} \geq I_p = 0,612 \text{ А}$

Для однополюсного выключателя типа ВА61F29-1В по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{номрC5,6} = 0,8 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{срC5,6} = 0,612 \times 3 = 1,84 \text{ А}$

Для линии С7: $I_{номр7} \geq I_p = 1,53 \text{ А}$

Для однополюсного выключателя типа ВА61F29-1В по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{номрC7} = 1,6 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{срC7} = 1,53 \times 3 = 4,59 \text{ А}$

Для защиты групповой линии С8: $I_{номр8} \geq I_p = 0,91 \text{ А}$

Для однополюсного выключателя типа ВА61F29-1В по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном рС8}} = 1 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{\text{ср С8}} = 1 \times 3 = 3 \text{ А}$

Для линии С9: $I_{\text{ном р9}} \geq I_{\text{р}} = 1,65 \text{ А}$

Для однополюсного выключателя типа ВА61F29-1В по [4, табл. 14.8] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном рС9}} = 2 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{\text{ср С9}} = 2 \times 3 = 6 \text{ А}$

Выбор номинального тока расцепителей автоматов, защищающих распределительные линии, производим по условию:

$$I_{\text{ном р}} \geq I_{\text{р}}$$

Тогда для распределительной линии П2: $I_{\text{ном р}} \geq I_{\text{рП2}} = 30,7 \text{ А}$

Для защиты трехфазной распределительной линии П2 выбран трехполюсный автоматический выключатель типа ВА51-31. Тогда с учетом значений автоматических выключателей для групповых линий С1-С7 и согласно условию селективности защиты по [4, табл. 14.10] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном рП2}} = 31,5 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3, ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $I_{\text{ср рП2}} = 3 \times 31,5 = 94,5 \text{ А}$

Для распределительной линии П3: $I_{\text{ном р}} \geq I_{\text{рП3}} = 0,86 \text{ А}$

Для защиты трехфазной распределительной линии П3 выбран трехполюсный автоматический выключатель типа ВА51-31. Тогда с учетом значений автоматических выключателей для групповых линий С8, С9 и согласно условию селективности защиты по [4, табл. 14.10] принимаем номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном рП3}} = 6,3 \text{ А}$, кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя – 3, ток срабатывания электромагнитного расцепителя $I_{\text{ср рП3}} = 3 \times 6,3 = 18,9 \text{ А}$

Проверку выбранных сечений проводников по условию соответствия аппаратам защиты производим по выражению

$$I_{\text{дон}} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n}$$

приняв в качестве номинального тока защитного аппарата I_3 значение $I_{\text{ном р}}$, а $K_3 = 1$.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С1:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 10}{1} = 10 \text{ А}$$

Так как $I_{доп С1} = 24,3 \text{ А} > 10 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ5×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С2:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 10}{1} = 10 \text{ А}$$

Так как $I_{допС2} = 24,3 \text{ А} > 10 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ5×10 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С3:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 16}{1} = 16 \text{ А}$$

Так как $I_{допС3} = 17,48 \text{ А} > 16 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ5×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С4:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 10}{1} = 10 \text{ А}$$

Так как $I_{допС3} = 17,1 \text{ А} > 10 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ5×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С5:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 0,8}{1} = 0,8 \text{ А}$$

Так как $I_{допС3} = 21 \text{ А} > 0,8 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ3×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С6:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 0,8}{1} = 0,8 \text{ А}$$

Так как $I_{допС3} = 21 \text{ А} > 0,8 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ3×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С7:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 1,7}{1} = 1,7 \text{ А}$$

Так как $I_{\text{допС3}} = 21 \text{ А} > 1,7 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ 3×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С8:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 1}{1} = 1 \text{ А}$$

Так как $I_{\text{допС3}} = 21 \text{ А} > 1 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ 3×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии С9:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 2}{1} = 2 \text{ А}$$

Так как $I_{\text{допС3}} = 21 \text{ А} > 2 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ 3×2,5 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии П2:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 31,5}{1} = 31,5 \text{ А}$$

Так как $I_{\text{допС3}} = 37,8 \text{ А} > 31,5 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ 5×10 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Произведем проверку сечения жил кабеля линии П3:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 \times I_3}{K_n} = \frac{1 \times 6,3}{1} = 6,3 \text{ А}$$

Так как $I_{\text{допС3}} = 24,3 \text{ А} > 6,3 \text{ А}$, то выбранное сечение жил кабеля АВВГ 5×4 соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Результаты расчета защиты осветительной сети сводим в таблицу 17.

Таблица 17 – Защитные аппараты для осветительной сети

Линия	$I_p, \text{ А}$	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	Марка кабеля	Кол-во автоматов, шт.	Тип автомата	$I_{\text{ном р}}, \text{ А}$	Кратность токовой отсечки	$I_{\text{ср р}}, \text{ А}$
П2	30,7	37,8	АВВГ 5×10	1	ВА51-31	31,5	3	94,5
П3	0,86	24,3	АВВГ 5×4	1	ВА51-31	6,3	3	18,9
С1	7,65	24,3	АВВГ 5×2,5	1	ВА61F29-3С	10	5	50
С2	7,65	24,3	АВВГ 5×10	1	ВА61F29-3С	10	5	50
С3	11,48	17,48	АВВГ	1	ВА61F29-3С	16	5	96

			5×2,5					
C4	7,65	17,1	ABBΓ 5×2,5	1	BA61F29-3C	10	5	50
C5	0,612	21	ABBΓ 3×2,5	1	BA61F29-1B	0,8	3	1,84
C6	0,612	21	ABBΓ 3×2,5	1	BA61F29-1B	0,8	3	1,84
C7	1,53	21	ABBΓ 3×2,5	1	BA61F29-1B	1,6	3	4,59
C8	0,91	21	ABBΓ 3×2,5	1	BA61F29-1B	1	3	3
C9	1,65	21	ABBΓ 3×2,5	1	BA61F29-1B	2	3	6

Заключение

В ходе выполнения курсового проектирования был разработан проект осветительной установки прессового цеха полимеров и вспомогательных помещений в соответствии с требованиями нормативной документации и удовлетворяющий необходимой бесперебойности, безопасности технического обслуживания и ремонта, удобства управления.

В качестве источников света для основного помещения выбраны светильники РСП05-700 с лампами ДРЛ700(6)-3 мощностью 400 Вт со световым потоком ??? лм.

Для вспомогательных помещений выбраны люминесцентные лампы ЛБ40-1. Для вспомогательных помещений: комната I светильники: мастерская, мастерская КИП и А - ЛСП02-2* - ' типа I дежурного, комната мастера - ЛВ005-2x40-001, КТП - ЛБ012-18 с лампа ^ I JJ518-I мощностью 18 Вт. Согласно [1] выбраны минимальные I

освещенности для основного и вспомогательных помещений. I

Произведен расчет эвакуационного освещения прессового цеха полимеров. В качестве источников света выбраны светильники типа НСП21-60-001 с лампами типа Б215-225-60 мощностью 60 Вт со световым потоком 730 лм. Питание щитка аварийного освещения осуществляем от панели РУ-0,4 кВ КТП.

Питание осветительных установок осуществляем от двухтрансформаторной КТП 10/0,4-0,23, расположенной в самом помещении № 5. Применена схема питания с системой заземления электрической сети TN-S (нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно).

Проводку во всех помещениях выполняем кабелем АВВГ. В основном помещении прокладываем кабель открыто, на тросах, под потолочными перекрытиями, во вспомогательных помещениях: скрыто, по стенам – под слоем штукатурки, по потолку – в пустотах строительных перекрытий.

В качестве магистрального щитка выбираем пункт распределительный ПР8501-007, в качестве щитков рабочего освещения – ПР41-4303-43У4 и ПР8501-002. Щиток аварийного освещения представлен распределительным пунктом ПР8501-046. Способ установки – открытый (подвешиваются на стены помещений, на высоте 1,5 м).

В качестве защитных аппаратов выбираем автоматические выключатели согласно комплектации выбранных щитков освещения. Номинальный ток расцепителя автомата выбираем по расчетному току линии. Выбор сечения

кабеля производим по допустимой потере напряжения и выполняем проверку по длительно допустимому нагреву расчетным током и условию соответствия аппаратам защиты.

Список использованных источников

1. ТКП 45-2,04-153-2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. М.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2019. – 112 с.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, Ю. Б. Оболенцев, Р. И. Берим, В.М. Крючков; под ред. Г.М. Кнорринга. – Ленинград: Энергия, 1976. – 384 с.: ил.
3. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И.М. Фадин, В. Н. Сидоров – 2-е изд., перераб. И доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 448 с.: ил.
4. Козловская В.Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.: ил.
5. Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки. ГОСТ 30331.150-2001 (МЭК 364-5-52-93). – 17 с.
6. Электрическое освещение: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» / сост. А. М. Гусаров. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 72 с.