

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка системы внутреннего освещения цеха горячего цинкования ОАО
«Речицкий метизный завод»

Обучающийся

С.В. Иваненко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Объектом разработки является система внутреннего освещения цеха горячего цинкования.

Цель ВКР: разработка система внутреннего освещения цеха горячего цинкования.

В процессе проектирования выполнены следующие разработки:

- определение нормируемого уровня освещенности помещений;
- выбор значений коэффициентов запаса;
- обоснование выбора варианта источников света;
- выбор варианта типа светильников;
- светотехнический расчет рабочего освещения;
- светотехнический расчет аварийного освещения;
- электрический расчет осветительной сети.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектированная система освещения создает световую среду в соответствии с требованиями СНиП и удовлетворяет необходимой бесперебойности действия, безопасности технического обслуживания и ремонта, удобства управления и эксплуатации.

Выпускная квалификационная работа состоит из 48 страниц, в состав которой входит 10 таблиц, 9 рисунков.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика помещений и устанавливаемых светильников	6
2 Светотехнический расчет общего рабочего освещения.....	11
3 Светотехнический расчет аварийного освещения	28
4 Электрический расчет осветительной сети	32
Заключение	45
Список используемых источников.....	47

Введение

30 марта 2011 года на «Речицком метизном заводе» был открыт новый и современный цех горячего цинкования. Рассмотрим технологию цинкования применяемую на объекте выпускной квалификационной работы для определения требований к проектируемой осветительной установке.

За основу была выбрана технология итальянской компании «GIMESCO», позволяющая оцинковывать металлоконструкции длиной 12,5 м шириной 1,5 м высотой 2,5 м массой до 7 т и трубы длиной от 4,0 до 8,2 м, диаметром от 1/2" до 4", толщиной покрытия от 30 до 250 микрон.

Горячее цинкование - покрытие металлических конструкций и изделий слоем цинка для защиты от коррозии. Данный процесс осуществляется погружением детали в ванну с расплавленным цинком.

На рисунке 1 изображен технологический цикл цинкования.

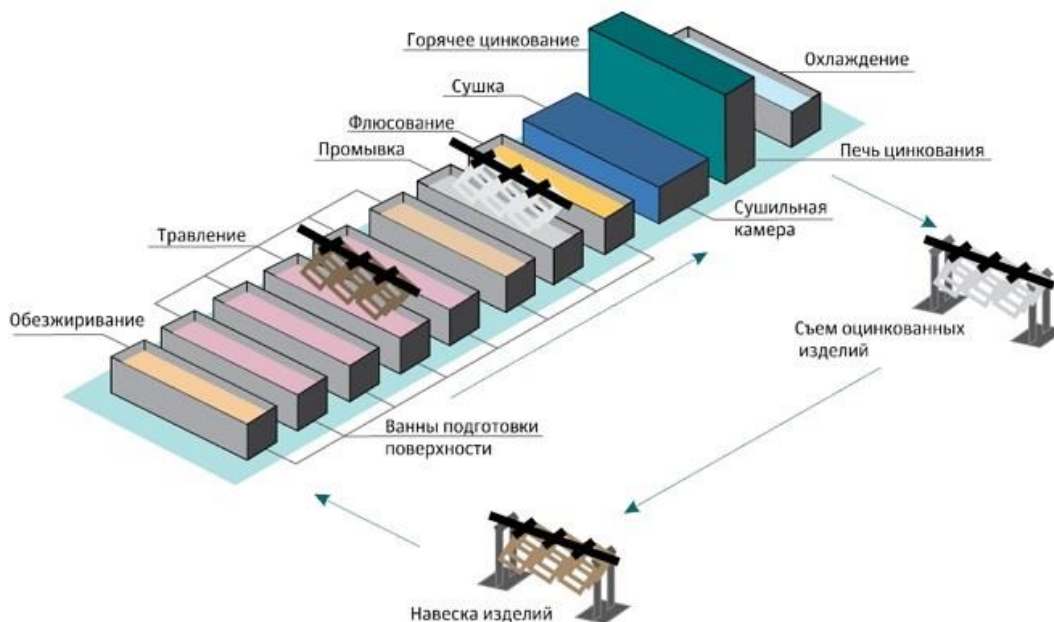


Рисунок 1 – Технологический цикл горячего цинкования

Процесс горячего цинкования состоит из нескольких этапов:

- обезжиривание;
- промывка;

- травление;
- промывка;
- флюсование;
- сушка;
- цинкование;
- охлаждение.

В процессе обезжиривания с поверхности металла удаляются различные загрязнения и масляные пленки. При промывке от изделия удаляются остатки жира, обезжиривающие реагенты. При травлении с поверхности металла удаляется окалина от термообработки и ржавчина. Следующая промывка необходима для удаления с поверхности остатков травильных растворов. Флюсование необходимо для окончательной очистки поверхности и создания специальной пленки, которая защищает изделие от последующего окисления, а также для обеспечения получения цинкового покрытия. При процедуре сушки металлическое изделие помещается в сушильную камеру, где происходит высушивание флюса и нагрев металла до температуры 120°C. Цинкование представляет собой окунание конструкции в расплав цинка. После извлечения изделия из ванны цинкования, оно имеет температуру около 450°C. Охлаждение детали происходит на открытом воздухе, после чего она вывозится на склад.

Исходя из особенностей технологии цинкования, применяемой на ОАО «Речицкий метизный завод», для цеха горячего цинкования должны быть применены светильники способные работать в помещениях с категориями пожарной опасности Г [12] и с пыльной и жаркой средой [12].

Целью выпускной квалификационной работы является разработка система внутреннего освещения цеха горячего цинкования.

1 Характеристика помещений и устанавливаемых светильников

Классификация помещений производства горячего цинкования по пожаро- и взрывоопасности производится согласно ГОСТ 34 739-75 «Отопление и вентиляция цехов горячего цинкования металлических опор линий электропередачи. Нормы проектирования» [4].

Таблица 1 - Классификация помещений производства горячего цинкования по пожаро- и взрывобезопасности

Отделение	Категория пожарной опасности	Характеристика среды или класса помещения по ПУЭ
Горячего цинкования	Г	Пыльная, жаркая
Вспомогательные	Д	Пыльная

Размеры помещений цеха горячего цинкования представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Размеры помещений

Наименование помещений	Размер помещения (А×В×Н), м	Площадь, м ²
Станочное отделение	48×30×8	1140
Бытовка	6×6×3,6	36
Администрация	6×6×3,6	36
Комната отдыха	6×6×3,6	36
Склад	12×6×3,6	72
ТП	6×6×3,6	36
Щитовая	3×6×3,6	18
Инструментальная	6×6×3,6	36
Мастерская	6×6×3,6	36

Нормы освещенности выбираются согласно ГОСТ Р 55710-2013 [5].

Коэффициент пульсации освещенности (K_n) - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Показатель ослепленности (P) - критерий оценки слепящего действия осветительной установки, зависящий от отношений пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Коэффициент запаса (K_3) - расчетный коэффициент, учитывающий снижение коэффициента естественного освещения и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий (КЕО, нормируемая освещенность, допустимые сочетания показателей ослепленности и коэффициента пульсации освещенности) принимаем [5]. Результаты выбора сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Выбор нормируемой освещенности

Наименование помещений	Плоскость и рабочая поверхность	E_{min} , лк	K_n , %	P	K_3
Цех горячего цинкования	$\Gamma - 0,8$	300	20	40	1,4
Бытовка	$\Gamma - 0,0$	150	-	-	1,6
Администрация	$\Gamma - 0,8$	300	10	20	1,6
Комната отдыха	$\Gamma - 0,8$	200	10	20	1,6
Склад	$\Gamma - 0,8$	75	-	-	1,6
ТП	$\Gamma - 0,8$	75	20	40	1,6
Щитовая	$\Gamma - 0,8$	75	20	40	1,6
Инструментальная	$\Gamma - 0,8$	200	20	40	1,6
Мастерская	$\Gamma - 0,8$	200	20	40	1,6

Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400нм не должна превышать 0,03 Вт/м². Наличие в спектре излучения длин волн менее 320нм не допускается. Для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком

службы, с учетом требований к цветоразличению

Согласно федеральному закону от 23 ноября 2009 г. N261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" с 1 января 2011 года к обороту на территории Российской Федерации не допускаются электрические лампы накаливания мощностью сто ватт и более, которые могут быть использованы в цепях переменного тока в целях освещения.

Выбор источников света по цветовым характеристикам для производственных помещений следует проводить на основании [6], [16]. Для общего освещения производственных помещений следует использовать светодиоды и энергоэффективные разрядные источники света [6].

«Выбор источников света определяется их характеристиками и требованиями к освещению. Применение газоразрядных ламп исключается, если питание установки осуществляется от сети постоянного тока или если возможно понижение напряжения более чем на 10% от номинального значения. Необходимость быстрого включения ламп после кратковременного исчезновения напряжения не позволяет применять лампы типа ДРИ и ДРЛ. При температуре окружающей среды ниже +5 °С освещение с помощью люминесцентных ламп может оказаться неэффективным. Для местного освещения на напряжении 12-42 В применяют лампы накаливания» [10, страница 109].

Коэффициенты отражения от потолка, стен, рабочей поверхности (ρ_n, ρ_c, ρ_p) для помещений принимаем $\rho_n = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, $\rho_p = 10\%$, как наиболее усредненный и распространенный случай присущий для большинства предприятий.

Для основного помещения примем светильник типа ДПП 66 «Titan Light» со светодиодными лампами, для вспомогательных – ДПП 22 «Prima» со светодиодными лампами. Вид светильников представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Светильники типа ДПП 22 «Prima» и ДПП 66 «Titan Light»

В качестве групповых щитков будут приняты групповые осветительные щитки серии ЩО8505, общий вид которых показан на рисунке 3. Данные щитки предназначены питания осветительных сетей напряжением 220/380 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, а также их защиты от перегрузок и токов КЗ. Щитки предусматривают различные варианты применения одно-, двух-, трех- и четырехполюсных выключателей. Щитки используются для установки в жилых, общественных, промышленных и других зданиях.

Щитки представляют собой комплектные устройства и комплектуются автоматическими выключателями типа ВА61-29 [20]. Оболочки щитков конструктивно унифицированы, изготавливаются из листового стального проката и состоят из: корпуса; обрамления с дверцей, обеспечивающей защиту IP30 при закрытой дверце; панели, на которой смонтированы автоматические выключатели. Подвод питающего кабеля может производиться сверху и снизу щитка через сальники или пластмассовые втулки. Щитки допускают подвод проводов в стальных или пластмассовых трубах. Щитки имеют зажимы для параллельного присоединения питающих проводников (т. е. соединение щитков в "цепочку"). Щиток имеет дверцы для доступа к рукояткам управления автоматическими выключателями ввода и распределения. Конструкция щитка обеспечивает возможность замены любого аппарата с лицевой стороны без демонтажа щитка.



Рисунок 3 – Щиток серии ЩО8505

В данном разделе выполнено описание и классификация помещений цеха по пожаро- и взрывобезопасности. Согласно данных характеристик производилось обоснование выбора типа источников света и типа светильников. Для данного цеха были применены светодиодные светильники типа ДПП-66 для основного цеха и ДПП-22 для вспомогательных помещений. Так же в разделе производилось описание выбранного типа группового осветительного щитка. В качестве осветительных щитков были приняты щитки серии ЩО8505.

2 Светотехнический расчет общего рабочего освещения

Общее освещение - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

«Для расчета освещения применяются два основных метода: коэффициента использования светового потока и точечный метод.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения при отсутствии крупных затемняющих предметов.

Точечный метод используется для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Применяется при расчете общего равномерного освещения (при наличии существенных затемнений), местного, общего локализованного, аварийного, а также освещения наклонных поверхностей» [10, страница 165].

Для освещения помещений цеха применены светодиодные источники света типа ДПП [9].

Светотехнический расчет производится согласно учебно-методических рекомендаций [7], [10].

Расчетная высота подвеса светильников (H_p) определяются в зависимости от высоты помещения (H), высоты свеса светильника (h_c), высоты рабочей поверхности (h_p) (рисунок 4):

$$H_p = H - (h_c + h_p). \quad (1)$$

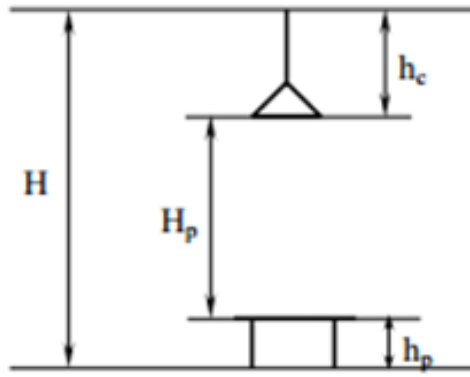


Рисунок 4 - Размещение светильника по высоте помещения

При расчете люминесцентного или светодиодного освещения и при расположении светильников рядами до светотехнического расчета намечается количество и расположение рядов, в процессе же расчета производится компоновка рядов, т. е. определение количества, расположения и мощности светильников в каждом ряду.

Расстояние между светильниками зависит от наивыгоднейшего относительного расстояния между светильниками (L/H_p), которое определяется кривой силы света светильника:

$$L = \left(\frac{L}{H_p} \right) \cdot H_p, \quad (2)$$

«Число рядов светильников определяется по выражению:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (3)$$

где B – ширина помещения, м.

l - расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены (принижается $(0,3-0,5) L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест).

Полученный результат округляется до ближайшего целого числа, после чего пересчитывается реальное расстояние:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} \gg [10]. \quad (4)$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для цеха горячего цинкования.

$$H_p = 8 - (1,5 + 0,8) = 5,7 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 5,7 = 7,98 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 7,98 = 2,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{30 - 2 \cdot 2,5}{7,98} + 1 = 4,1 \approx 5$$

$$L_B = \frac{30 - 2 \cdot 2,5}{5 - 1} = 6,25 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для помещения бытовки.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2.$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для комнаты администрации.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2.$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для комнаты отдыха.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2.$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для склада.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2.$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для помещения

ТП.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2.$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для помещения щитовой.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для инструментальной.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Произведем расчет расположения рядов светильников для мастерской.

$$H_p = 3,6 - (0 + 0,8) = 2,8 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

$$l = (0,2 \dots 0,4) \cdot 3,92 = 1,5 \text{ м.}$$

$$R = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{3,92} + 1 = 1,7 \approx 2$$

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Результаты расчетов расположения рядов занесем в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов расположения светильников

Наименование помещений	h_c , м	h_p , м	H_p , м	L , м	l , м	R	L_B , м
Цех горячего цинкования	1,5	0,8	5,7	7,98	2,5	5	6,25
Бытовка	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
Администрация	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
Комната отдыха	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
Склад	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
ТП	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
Щитовая	0	0,8	2,8	3,92	1,5	1	-
Инструментальная	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3
Мастерская	0	0,8	2,8	3,92	1,5	2	3

«В результате светотехнического расчета освещения определяются значения светового потока принятого источника света Φ_l , на основании которого по справочной литературе выбирается стандартная лампа определенной мощности и светового потока, значение которого не должно отличаться от Φ_l более чем на $-10 \dots +20\%$. Если такой источник подобрать не удастся, то принимается лампа со значением светового потока, ближайшим к Φ_l , а далее корректируется число светильников в помещении и осуществляется повторный расчет освещения.

При расчете освещения при использовании люминесцентных или светодиодных светильников первоначально намечается число рядов R , затем рассчитывается световой поток ряда:

$$\Phi_R = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{R \cdot \eta}, \quad (5)$$

где K_3 – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м^2 ;

z – коэффициент неравномерности светового потока;

R – число рядов;

η – коэффициент использования светового потока» [10].

Нормы освещенности и коэффициенты запаса при расчете освещенности следует принимать по СП 52.13330.

Индекс помещения определяется его геометрическими размерами и расчётной высотой подвеса:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (6)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения.

По предварительно выбранному типу светильника, зная его световой поток Φ_l , определяется количество ламп в ряду:

$$N_R = \frac{\Phi_R}{\Phi_l}, \quad (7)$$

«Светильники с люминесцентными и светодиодными лампами могут располагаться вплотную друг к другу либо с разрывами (не более $0,5 \cdot H_p$). При этом расстояние между соседними светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1}, \quad (8)$$

где l_c – длина одного светильника, м.

В процессе расчетов необходимо следить, чтобы суммарная длина светильников с люминесцентными (светодиодными) лампами в одном ряду не превышала длины помещения» [10].

Произведем светотехнический расчет для цеха горячего цинкования.

Индекс помещения цеха:

$$i = \frac{48 \cdot 30}{5,7 \cdot (48 + 30)} = 3,24.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,99$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 144 \cdot 1,05}{5 \cdot 0,99} = 128300 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 66-84-22х (254) ($\Phi_{\text{л}}=9900$ лм).

Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{128300}{9900} = 12,9.$$

Принимаем $N_R = 13$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{48 - 2 \cdot 1 - 13 \cdot 2,5}{5 - 1} = 2,5 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 66-84-22х (254) мощностью 89 Вт и световым потоком 9900 лм.

Произведем светотехнический расчет для помещения бытовки.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{150 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 8966 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-36-117 ($\Phi_{\lambda}=4588$ лм).
Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{8966}{4588} = 1,9.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-36-117 мощностью 37Вт и световым потоком 4588 лм.

Произведем светотехнический расчет для комнаты администрации.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{300 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 17930 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-70-117 ($\Phi_{\text{л}}=8576$ лм).

Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{17930}{8576} = 2.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_R$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-70-117 мощностью 67 Вт и световым потоком 8576 лм.

Произведем светотехнический расчет для комнаты отдыха.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{200 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 11950 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-40-117 ($\Phi_n = 5848$ лм).

Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{11950}{5848} = 2.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_R$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-40-117 мощностью 43 Вт и световым потоком 5848 лм.

Произведем светотехнический расчет для помещения склада.

Индекс помещения:

$$i = \frac{12 \cdot 6}{2,8 \cdot (12 + 6)} = 1,43.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,66$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{75 \cdot 1,6 \cdot 72 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,66} = 7200 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-24-117 ($\Phi_n=2242$ лм).

Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{7200}{2242} = 3,2.$$

Принимаем $N_R = 4$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{12 - 2 \cdot 1,5 - 4 \cdot 1,27}{2 - 1} = 1,3 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-24-117 мощностью 22 Вт и световым потоком 2242 лм.

Произведем светотехнический расчет для помещения ТП.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{75 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 4483 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-24-117 ($\Phi_{\text{л}}=2242$ лм).
Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{4483}{2242} = 2.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_R$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-24-117 мощностью 22 Вт и световым потоком 2242 лм.

Произведем светотехнический расчет для помещения щитовой.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 3}{2,8 \cdot (6 + 3)} = 0,714.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,41$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{75 \cdot 1,6 \cdot 18 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,41} = 5795 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-36-117 ($\Phi_l=4588$ лм).
Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{5795}{4588} = 1,3.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-36-117 мощностью 37 Вт и световым потоком 4588 лм.

Произведем светотехнический расчет для инструментальной.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{200 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 11950 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-40-117 ($\Phi_l=5848$ лм).
Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{11950}{5848} = 2.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-40-117 мощностью 43 Вт и световым потоком 5848 лм.

Произведем светотехнический расчет для мастерской.

Индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,8 \cdot (6 + 6)} = 1,07.$$

По [18] при данном значении индекса помещения $\eta = 0,53$.

Необходимый световой поток одного ряда:

$$\Phi_R = \frac{200 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,53} = 11950 \text{ лм.}$$

Предварительно примем светильник ДПП 22-40-117 ($\Phi_l = 5848$ лм).

Необходимое количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{11950}{5848} = 2.$$

Принимаем $N_R = 2$.

Фактическое расстояние между светильниками ряда:

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 1,5 - 2 \cdot 1,27}{2 - 1} = 0,46 \text{ м.}$$

При таком размещении светильников расстояние между краями соседних светильников составляет менее $0,5 \cdot H_p$. Данное расположение светильников принимается к монтажу. Принимаем к установке светильники типа ДПП 22-40-117 мощностью 43 Вт и световым потоком 5848 лм.

Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов расположения светильников

Наименование помещений	i	η	R	Φ_R , лм	N_R , шт	L_A , м	L_B , м
Цех горячего цинкования	3,24	0,99	5	128300	13	2,5	6,25
Бытовка	1,07	0,53	2	8966	2	0,46	3
Администрация	1,07	0,53	2	17930	2	0,46	3
Комната отдыха	1,07	0,53	2	11950	2	0,46	3
Склад	1,43	0,66	2	7200	4	1,3	3
ТП	1,07	0,53	2	4483	2	0,46	3
Щитовая	0,714	0,41	1	5795	2	0,46	-
Инструментальная	1,07	0,53	2	11950	2	0,46	3
Мастерская	1,07	0,53	2	11950	2	0,46	3

Принятые модели светильников с их характеристиками представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики светильников

Наименование помещений	Тип светильника	Φ_l , лм	P, Вт	Тип КСС	Размеры	
					Длина, мм	Ширина, мм
Цех горячего цинкования	ДПП 66-84-22×(254)	9900	89	Д	1030	165
Бытовка	ДПП 22-36-117	4588	37	Д	1270	95
Администрация	ДПП 22-70-117	8576	67	Д	1270	145
Комната отдыха	ДПП 22-40-117	5848	43	Д	1270	95
Склад	ДПП 22-24-117	2242	22	Д	1270	95
ТП	ДПП 22-24-117	2242	22	Д	1270	95
Щитовая	ДПП 22-36-117	4588	37	Д	1270	95
Инструментальная	ДПП 22-40-117	5848	43	Д	1270	95
Мастерская	ДПП 22-40-117	5848	43	Д	1270	95

Вывод по разделу.

В данном разделе был произведен светотехнический расчет системы рабочего освещения цеха горячего цинкования. Основными параметрами, влияющими на определение размещения светильников, является высота помещения, а также тип источников света. В разделе был произведен расчет общего равномерного освещения методом коэффициента использования. В итоге для всех помещений были приняты светодиодные светильники типа ДПП 66 и ДПП 22.

3 Светотехнический расчет аварийного освещения

В данном проекте светильники аварийного освещения являются частью светильников общего освещения помещений. В рядах аварийные светильники чередуются через два со светильниками общего освещения, что дает равномерное освещение помещений, в случае исчезновения напряжения в щите рабочего освещения.

Для расчета системы аварийного эвакуационного освещения воспользуемся точечным методом расчёта.

Расположение светильников эвакуационного освещения показано на рисунке 5.

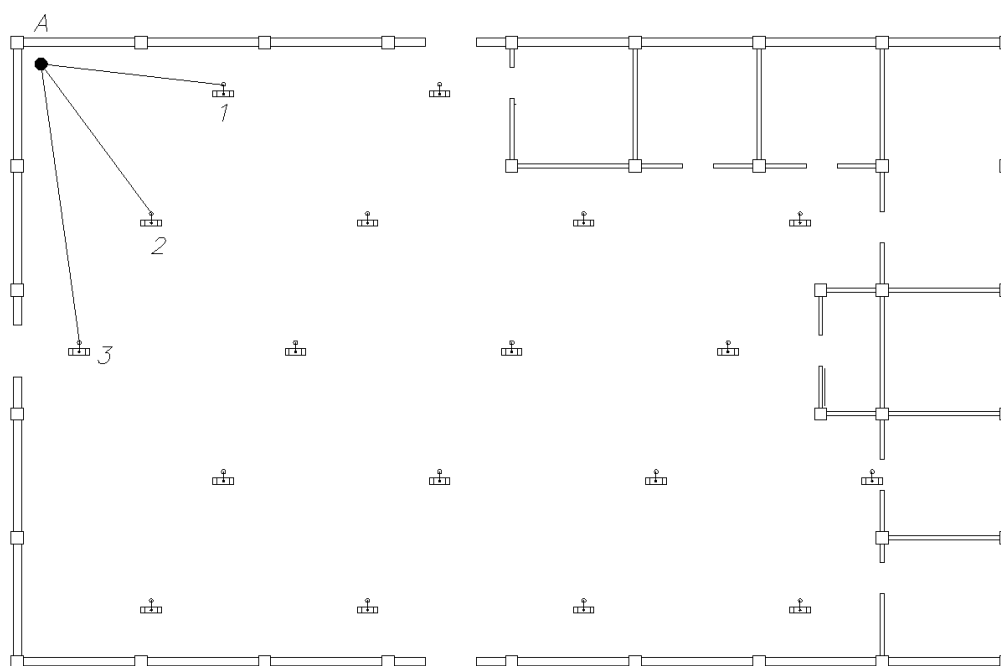


Рисунок 5 – План помещения с расположением светильников и контрольных точек

«Расчет освещенности на горизонтальной плоскости с использованием точечного метода осуществляется в следующем порядке:

- определяются тангенс угла падения светового луча в расчетную точку

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p}, \quad (9)$$

где d – расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярного и проходящую через расчетную точку (рисунок б);

- по найденному значению $\operatorname{tg} \alpha$ определяется угол α и $\cos^3 \alpha$;
- по КСС принятого светильника с условной лампой со световым потоком 1000 лм для найденного угла α определяется сила света $I_{\alpha(1000)}$ и рассчитывается значение освещенности, создаваемой этим светильником:

$$E_{(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2}. \quad (10)$$

- искомая освещенность от светильника со световым потоком Φ_l :

$$E = \frac{E_{(1000)} \cdot \Phi_l \cdot \mu}{1000 \cdot K_3}, \quad (11)$$

где K_3 – коэффициент запаса;

μ - коэффициент дополнительной освещенности, учитывающий освещенность, создаваемую от неучтённых светильников, стен и потолка (принимается 1,1-1,2)» [10, страница 185].

Для аварийного освещения минимальная освещенность составляет 0,5 лк.

Расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника определим графически по масштабу.

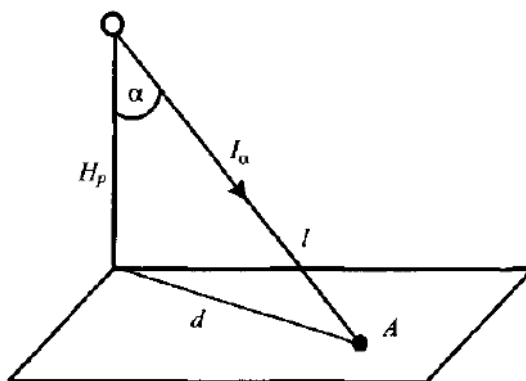


Рисунок 6 - Пояснение к расчету освещенности от точечного источника света

Расчетная высота подвеса светильников:

$$H_p = 8 - (1,5 + 0) = 6,5 \text{ м.}$$

Угол между направлением к расчетной точке от светильника 1:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{6,5}{8,9}\right) = 54^\circ.$$

«Для КСС типа Д по [10, таблица 6.12] при $\alpha = 54^\circ$ сила света $I_{a(1000)} = 172$ кд»[10].

Значение освещенности при значении светового потока 1000 лк для светильника 1:

$$E_{(1000)} = \frac{172 \cdot \cos^3 54}{6,5^2} = 0,835 \text{ лк.}$$

Освещенность в точке А от источника 1 при использовании светильника ДПП 66-84-22х (254):

$$E = \frac{0,835 \cdot 9900 \cdot 1,1}{1000 \cdot 1,4} = 6,5 \text{ лк.}$$

Освещенность в точке А от остальных светильников рассчитывается аналогично. Результаты расчетов сведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет аварийного освещения

№ светильника	d , м	α , град	I_{α} , кд	$E_{(1000)}$, лк	E , лк
1	8,9	54	172	0,835	6,5
2	9	54	172	0,835	6,5
3	13,6	64	147	0,279	2,2

Итоговое расчетное значение освещенности в точке 1 (контрольной):

$$\Sigma E_{(A)} = 6,5 + 6,5 + 2,2 = 15,2 \text{ лк.}$$

Полученное значение суммарной освещенности превышает нормированное, поэтому светильник марки ДПП 66-84-22х (254) принимается к установке согласно схеме расположения [8].

В данном разделе был произведен расчет системы аварийного освещения. В качестве источников аварийного освещения было выделено часть светильников рабочего освещения, которые были присоединены в сети аварийного освещения. Расчет аварийного освещения был произведен точечным методом, который служит для расчёта освещения, как угодно, расположенных поверхностей и при любом распределении освещённости. Спроектированная система аварийного освещения удовлетворяет условию создания минимальной освещенности.

4 Электрический расчет осветительной сети

Питание светильников рабочего и аварийного освещения помещений осуществляется от соответствующих щитков ЩРО и ЩАО, которые получают питание от распределительного устройства 0,4кВ. Светильники аварийного освещения являются частью светильников общего освещения помещений. В рядах аварийные светильники чередуются со светильниками общего освещения, что дает равномерное освещение помещения, в случае исчезновения напряжения на одной из секций РУ-0,4кВ [17], [19].

Для рабочего и аварийного освещения приняты щиты распределительные навесные ЩО-8506 [2].

В качестве проводника используется кабель марки ВВГнг. Для рабочего и аварийного освещения цеха прокладка кабеля производится на тресе, для вспомогательных помещений - в коробе, вдоль стен. Схема питания осветительных установок [3] цеха изображена на рисунке 7.

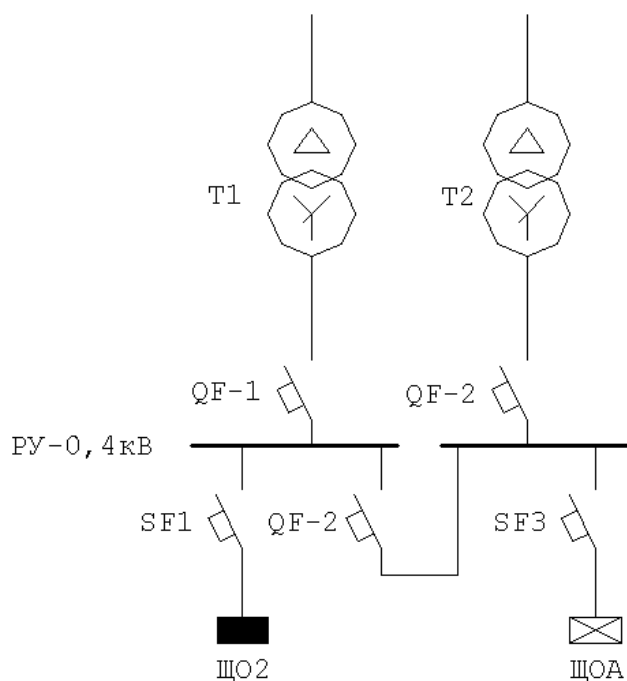


Рисунок 7 – Схема питания осветительных установок

Осветительная сеть будет защищаться автоматическими выключателями. Номинальные токи расцепителя автоматического выключателя [11]:

$$I_{ном..p} \geq I_p, \quad (12)$$

«где I_p – расчетный ток в защищаемой цепи, А» [11].

«Мощность осветительной группы:

$$P_{p0} = K_{co} \cdot K_{пра} \cdot P_l \cdot N_R, \quad (13)$$

где K_{co} – коэффициент спроса;

$K_{пра}$ – коэффициент потерь в ПРА;

P_l – мощность одного светильника, Вт

N_R – количество светильников» [11].

Для расчета групповой сети рабочего освещения и всех звеньев сети аварийного освещения K_{co} принимается равным единице.

Расчетные токи осветительной сети [12-15]:

для однофазных участков:

$$I_p = \frac{P_{p0}}{U_\phi \cdot \cos\varphi}. \quad (14)$$

для трехфазных участков:

$$I_p = \frac{P_{p0}}{3 \cdot U_\phi \cdot \cos\varphi} = \frac{P_{p0}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos\varphi}. \quad (15)$$

Ток нагрузки в питающей линии [1]:

$$I_{p(n)} = \frac{P_{p0}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos\varphi_{cp}} = \frac{P_{p0}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos\varphi_{cp}}, \quad (16)$$

$$\cos\varphi_{cp} = \frac{\Sigma \cos\varphi \cdot P_{p0}}{\Sigma P_{p0}}. \quad (17)$$

Исходные данные групповых линий приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетные данные групповых линий

Групповая линия	K_{co}	K_{npa}	$P_{л},$ Вт	N_R	$n_{св}$	$\cos\varphi$	Число фаз на групповую линию
группа 1	1	1	89	4	1	0,95	1
группа 2	1	1	89	8	1	0,95	1
группа 3	1	1	89	7	1	0,95	1
группа 4	1	1	89	8	1	0,95	1
группа 5	1	1	89	8	1	0,95	1
группа 6.1	1	1	37	4	1	0,95	1
группа 6.2	1	1	67	4	1	0,95	1
группа 6.3	1	1	43	4	1	0,95	1
группа 6.4	1	1	22	8	1	0,95	1
группа 6.5	1	1	37	2	1	0,95	1
группа 7.1	1	1	43	4	1	0,95	1
группа 7.2	1	1	43	4	1	0,95	1
группа 7.3	1	1	22	4	1	0,95	1
группа 8	1	1	89	2	1	0,95	1
группа 9	1	1	89	4	1	0,95	1
группа 10	1	1	89	4	1	0,95	1
группа 11	1	1	89	4	1	0,95	1
группа 12	1	1	89	4	1	0,95	1

Проведем расчет для ряда группы 1.

$$P_{p1} = 1 \cdot 1 \cdot 89 \cdot 4 = 356 \text{ Вт.}$$

Расчетный ток ряда:

$$I_{p(зр1)} = \frac{356}{220 \cdot 0,95} = 1,7 \text{ А.}$$

Аналогично проводится расчет для остальных групп. Результаты расчетов сведены в таблице 7.

Групповые линии рабочего освещения необходимо распределить наиболее равномерно по фазам [13]:

$$P_A = P_{зр1} + P_{зр5} + P_{зр7} = 356 + 712 + 432 = 1500 \text{ Вт;}$$

$$P_B = P_{зр2} + P_{зр6} = 712 + 838 = 1550 \text{ Вт;}$$

$$P_C = P_{зр3} + P_{зр4} = 623 + 712 = 1335 \text{ Вт.}$$

Расчетная мощность щитка ЩРО:

$$P_{щро} = 3 \cdot P_A = 3 \cdot 1500 = 4500 \text{ Вт.}$$

Расчетный ток ЩРО:

$$I_{p(щро)} = \frac{4500}{3 \cdot 220 \cdot 0,95} = 7,2 \text{ А.}$$

Групповые линии аварийного освещения необходимо распределить наиболее равномерно по фазам:

$$P_A = P_{зр8} + P_{зр9} = 178 + 356 = 534 \text{ Вт;}$$

$$P_B = P_{зр10} + P_{зр11} = 356 + 356 = 712 \text{ Вт;}$$

$$P_C = P_{зр12} = 356 \text{ Вт.}$$

Расчетная мощность щитка ЩРО:

$$P_{цро} = 3 \cdot P_B = 3 \cdot 712 = 2136 \text{ Вт.}$$

Расчетный ток ЩРО:

$$I_{p(цро)} = \frac{2136}{3 \cdot 220 \cdot 0,95} = 3,4 \text{ А.}$$

По результатам расчета выбирается тип защитного автоматов в групповых осветительных щитках.

Таблица 9 – Результаты расчетов групповых и питающих линий

Групповая линия	P_{p0} , Вт	I_p , А	Кол-во и тип автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.р}$, А
группа 1	356	1,7	ВА-61-F-29	63	2,0
группа 2	712	3,41	ВА-61-F-29	63	4,0
группа 3	623	2,98	ВА-61-F-29	63	3,2
группа 4	712	3,41	ВА-61-F-29	63	4,0
группа 5	712	3,41	ВА-61-F-29	63	4,0
группа 6	838	4	ВА-61-F-29	63	5,0
группа 7	432	2,1	ВА-61-F-29	63	2,5
группа 8	178	0,85	ВА-61-F-29	63	1,0
группа 9	356	1,7	ВА-61-F-29	63	2,0
группа 10	356	1,7	ВА-61-F-29	63	2,0
группа 11	356	1,7	ВА-61-F-29	63	2,0
группа 12	356	1,7	ВА-61-F-29	63	2,0
ЩРО	4500	7,2	ВА-61-F-29	63	8,0
ЩАО	1602	3,4	ВА-61-F-29	63	4,0

Выбор проводников производится по трем основным условиям:

- По механической прочности;
- По допустимой потере напряжения;
- По соответствию уставки защитного аппарата.

Потери напряжения зависят от момента нагрузки в линии. Для общего случая момент нагрузки определяются [1]:

$$M = P_{p0} \cdot L, \quad (18)$$

где P_{p0} – расчётная нагрузка;

L – длина участка, м.

Для конфигурации линии, показанной на рисунке 8, суммарный момент нагрузки [14]:

$$M = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot L_1 + (P_2 + P_3) \cdot L_2 + P_3 \cdot L_3. \quad (19)$$

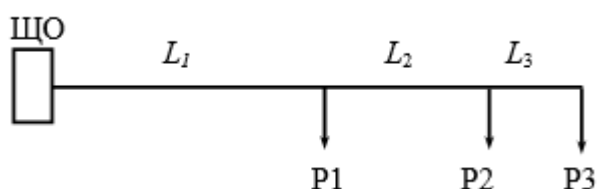


Рисунок 8 - Схема групповой осветительной линии

«Приведенный момент нагрузки рассчитывается по формуле:

$$M_{np} = \Sigma M + \Sigma \alpha \cdot t, \quad (20)$$

где ΣM – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов в линии, что и на данном участке, Вт/м;

$\Sigma \alpha \cdot t$ – сумма приведенных моментов с другим числом проводов;

α – коэффициент приведения моментов» [10].

Длины участков линий определяются по плану здания. Расчетная схема осветительной сети цеха представлена на рисунке 9.

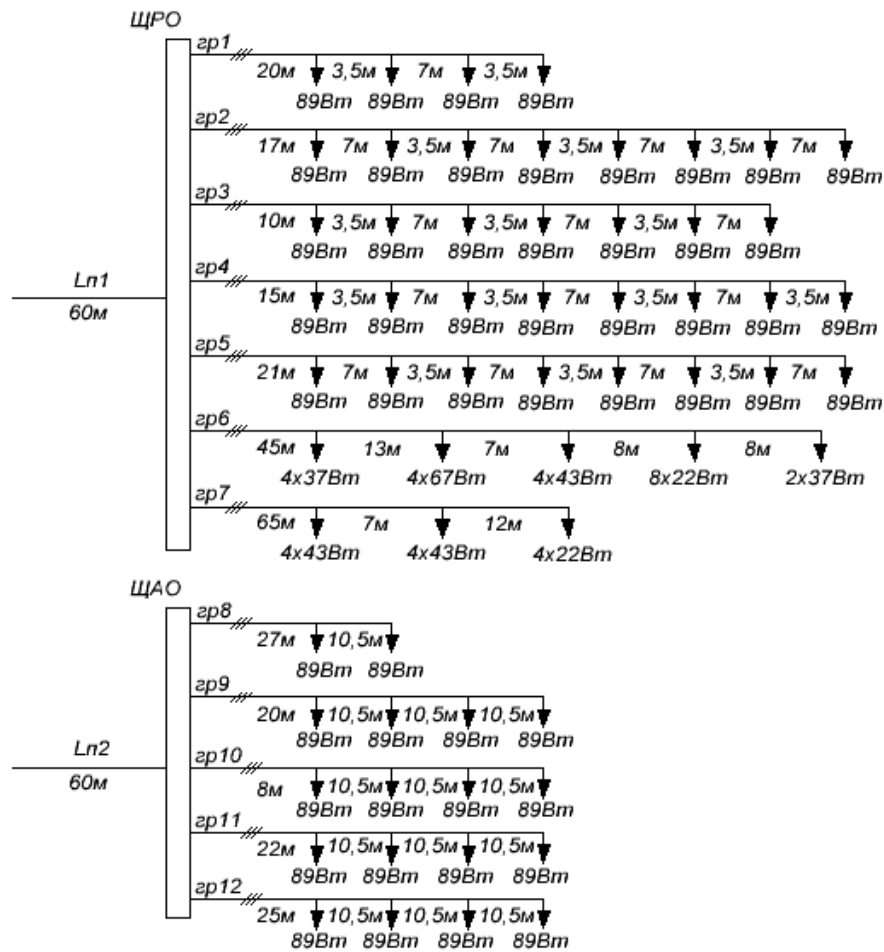


Рисунок 9 – Расчетная схема осветительной сети

Определим собственные моменты нагрузок соответствующих линий:

- питающая линия ЩРО:

$$M_{щро} = 60 \cdot 4500 = 270000 \text{ Вт/м};$$

- питающая линия ЩАО:

$$M_{щАО} = 60 \cdot 1602 = 96120 \text{ Вт/м};$$

- группа 1:

$$M_{гр1} = 20 \cdot 89 \cdot 4 + 3,5 \cdot 89 \cdot 3 + 7 \cdot 89 \cdot 2 + 3,5 \cdot 89 = 9612 \text{ Вт/м};$$

- группа 2:

$$M_{ep2} = 17 \cdot 89 \cdot 8 + 7 \cdot 89 \cdot 7 + 3,5 \cdot 89 \cdot 6 + 7 \cdot 89 \cdot 5 + 3,5 \cdot 89 \cdot 4 + \\ + 7 \cdot 89 \cdot 3 + 3,5 \cdot 89 \cdot 2 + 7 \cdot 89 = 25810 \text{ Вт/м};$$

- группа 3:

$$M_{ep3} = 10 \cdot 89 \cdot 7 + 3,5 \cdot 89 \cdot 6 + 7 \cdot 89 \cdot 5 + 3,5 \cdot 89 \cdot 4 + \\ + 7 \cdot 89 \cdot 3 + 3,5 \cdot 89 \cdot 2 + 7 \cdot 89 = 15575 \text{ Вт/м};$$

- группа 4:

$$M_{ep4} = 15 \cdot 89 \cdot 8 + 3,5 \cdot 89 \cdot 7 + 7 \cdot 89 \cdot 6 + 3,5 \cdot 89 \cdot 5 + \\ + 7 \cdot 89 \cdot 4 + 3,5 \cdot 89 \cdot 3 + 7 \cdot 89 \cdot 2 + 3,5 \cdot 89 = 23140 \text{ Вт/м};$$

- группа 5:

$$M_{ep5} = 21 \cdot 89 \cdot 8 + 7 \cdot 89 \cdot 7 + 3,5 \cdot 89 \cdot 6 + 7 \cdot 89 \cdot 5 + 3,5 \cdot 89 \cdot 4 + \\ + 7 \cdot 89 \cdot 3 + 3,5 \cdot 89 \cdot 2 + 7 \cdot 89 = 28658 \text{ Вт/м};$$

- группа 6:

$$M_{ep6} = 45 \cdot (37 \cdot 4 + 67 \cdot 4 + 43 \cdot 4 + 22 \cdot 8 + 37 \cdot 2) + 13 \cdot (67 \cdot 4 + 43 \cdot 4 + 22 \cdot 8 + 37 \cdot 2) + \\ + 7 \cdot (43 \cdot 4 + 22 \cdot 8 + 37 \cdot 2) + 8 \cdot (22 \cdot 8 + 37 \cdot 2) + 8 \cdot 37 \cdot 2 = 52226 \text{ Вт/м};$$

- группа 7:

$$M_{ep7} = 65 \cdot (43 \cdot 4 + 43 \cdot 4 + 22 \cdot 4) + 7 \cdot (43 \cdot 4 + 22 \cdot 4) + 12 \cdot 22 \cdot 4 = 30956 \text{ Вт/м};$$

- группа 8:

$$M_{zp8} = 27 \cdot 89 \cdot 2 + 10,5 \cdot 89 = 5740 \text{ Вт/м};$$

- группа 9:

$$M_{zp9} = 356 \cdot \left(20 + \frac{10,5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 12727 \text{ Вт/м};$$

- группа 10:

$$M_{zp10} = 356 \cdot \left(8 + \frac{10,5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 8455 \text{ Вт/м};$$

- группа 11:

$$M_{zp11} = 356 \cdot \left(22 + \frac{10,5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 13439 \text{ Вт/м};$$

- группа 12:

$$M_{zp12} = 356 \cdot \left(25 + \frac{10,5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 14507 \text{ Вт/м}.$$

Приведенный момент нагрузки для питающих линий:

- линия ЦРО:

$$M_{цро(нр)} = \alpha \cdot (M_{zp1} + M_{zp2} + M_{zp3} + M_{zp4} + M_{zp5} + M_{zp6} + M_{zp7}) + M_{цро} = 1,85 \cdot (9612 + 25810 + 15575 + 23140 + 28658 + 52226 + 30956) + 270000 = 614057 \text{ Вт/м}.$$

- линия ЩАО:

$$M_{\text{щao}(np)} = \alpha \cdot (M_{\text{зр8}} + M_{\text{зр9}} + M_{\text{зр10}} + M_{\text{зр11}}) + M_{\text{щao}} = \\ = 1,85 \cdot (5740 + 12727 + 8455 + 13439 + 14507) + 96120 = 197626 \text{ Вт/м.}$$

«При выполнении расчета осветительной эклектической сети по потере напряжения во всех случаях встает вопрос о ее допустимой величине, которая не может не иметь постоянного значения и зависит от параметров линий и трансформаторов и их нагрузок [15]. Допустимая потеря напряжения определяется в предположении, что на выводах высшего напряжения (6-10кВ) силовых трансформаторов напряжение в период максимума нагрузки равно номинальному напряжению $U_{\text{ном}}$ и, следовательно, напряжение на стороне 0,4кВ в режиме холостого хода составляет $1,05U_{\text{ном}}$ или 105% номинального. В этом случае допустимая потеря напряжения в электрической сети источника питания (трансформатора) до наиболее удаленного электроприемника, включая потерю напряжения в самом трансформаторе ΔU_T может быть представлена:

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{мин}} - \Delta U_T, \quad (21)$$

где $U_{\text{хх}}$ –напряжение холостого хода на шинах низшего напряжения трансформатора (105%);

$U_{\text{мин}}$ – минимально допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы (95%);

ΔU_T – потери напряжения в трансформаторе, %» [10, страница 324].

Сечение кабеля по условию потери напряжения:

$$F = \frac{M}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (22)$$

где C – коэффициент, определяемый по [10, таблица 8.14].

Рассчитанное сечение округляется до стандартного большего значения, после определяется действительное значение потерь напряжения:

$$\Delta U_{\phi} = \frac{M}{c \cdot F}. \quad (23)$$

Последующие участки рассчитываются аналогично по оставшейся потере напряжения:

$$\Delta U_{\partial o} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_{\phi}. \quad (24)$$

Допустимый длительный ток выбранного сечение кабеля должен соответствовать току уставки защитного аппарата линии $I_{ном.з}$:

$$I_{\partial o n} \geq I_{ном.з}. \quad (25)$$

«Механическая прочность обеспечивается применением проводов и кабелей, алюминиевые жилы которых должны быть не менее 2,5 мм² в сечении, а медные – не менее 1,5 мм²» [7].

Значение падения напряжения в цеховом трансформаторе равна 4%. Допустимую потерю напряжения осветительной сетисоставляет:

$$\Delta U_{\partial o n} = 10 - 4 = 6\%.$$

Необходимое сечение кабеля для питающей линии ЩРО по условию потери напряжения:

$$F = \frac{614}{72 \cdot 6} = 1,42 \text{ мм}^2.$$

Принимаем к прокладке кабель марки ВВГ – 1,5 мм² с длительно допустимым током $I_{доп}=19$ А.

Проверка кабеля на соответствие току расцепителя автомата:

$$19 \geq 8.$$

Выбранный кабель марки ВВГнг 5х1,5 допускается к эксплуатации.

Фактическое значение потери напряжения в питающей линии и допустимая потерю напряжения.

$$\Delta U_{\phi} = \frac{270}{72 \cdot 1,5} = 2,5\% ;$$

$$\Delta U_{доп} = 6 - 2,5 = 3,5\% .$$

Аналогично производится выбор сечений и для всех остальных групповых линий. Результаты сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Выбор сечений проводов

Групповая линия	Выбор по допустимому падению напряжения					Выбор по номинальному току аппарата защиты		Принятое сечение		
	$M_{нр},$ кВт·м	$M,$ кВт·м	c	$\Delta U_{доп},$ %	F (ΔU), мм ²	$I_{нр},$ А	F ($I_{нр}$), мм ²	$F,$ мм ²	$I_{доп},$ А	$\Delta U_{\phi},$ %
ЩРО	614	270	72	6	1,12	8,0	1,5	1,5	19	2,5
ЩАО	198	96,1	72	6	0,35	4,0	1,5	1,5	19	0,89
группа 1	-	9,6	12	3,5	0,23	2,0	1,5	1,5	19	0,53
группа 2	-	25,8	12	3,5	0,61	4,0	1,5	1,5	19	1,43
группа 3	-	15,5	12	3,5	0,37	3,2	1,5	1,5	19	0,86
группа 4	-	23,1	12	3,5	0,55	4,0	1,5	1,5	19	1,28
группа 5	-	28,6	12	3,5	0,68	4,0	1,5	1,5	19	1,59
группа 6	-	52,2	12	3,5	1,24	5,0	1,5	1,5	19	2,90

Продолжение таблицы 10

Групповая линия	Выбор по допустимому падению напряжения					Выбор по номинальному току аппарата защиты		Принятое сечение		
	M_{np} , кВт·м	M , кВт·м	c	$\Delta U_{доп}$, %	F (ΔU), мм ²	$I_{нр}$, А	F ($I_{нр}$), мм ²	F , мм ²	$I_{доп}$, А	ΔU_{ϕ} , %
группа 7	-	30,9	12	3,5	0,74	2,5	1,5	1,5	19	1,72
группа 8	-	5,7	12	5,11	0,09	1,0	1,5	1,5	19	0,32
группа 9	-	12,7	12	5,11	0,21	2,0	1,5	1,5	19	0,71
группа 10	-	8,4	12	5,11	0,14	2,0	1,5	1,5	19	0,47
группа 11	-	13,4	12	5,11	0,22	2,0	1,5	1,5	19	0,74
группа 12	-	14,5	12	5,11	0,24	2,0	1,5	1,5	19	0,81

Вывод по разделу.

В данном разделе производился электрический расчет осветительной сети. Данный расчет заключается в определении сечения проводок и кабелей на всех участках осветительной сети и расчета ее защиты. Рассчитанное сечение жил должно удовлетворять условиям механической прочности, допустимому нагреву, допустимому падению напряжения. По механической прочности расчет проводов и кабелей внутренних осветительных сетей не производится. На практике соблюдаются установленные минимальные сечения жил кабелей по механической прочности. Проверка по допустимому нагреву сводится к сравнению допустимого тока кабеля с длительным расчетным током осветительной нагрузки. Потери напряжения в линии определяются с помощью расчетов моментов нагрузки к самой удаленной лампе в ряду. Спроектированная осветительная сеть удовлетворяет всем техническим условиям.

Заключение

В результате выполнения выпускной работы разработан проект осветительной установки, создающий световую среду в соответствии с требованиями СНиП и удовлетворяющий необходимой бесперебойности действия безопасности технического обслуживания и ремонта, удобства управления.

Выбор источников света, защитных аппаратов и проводов производился в соответствии с марками, типами, сериями, выпускаемыми промышленностью в данное время. Для общего равномерного освещения цеха были использованы светодиодные лампы типа ДПП 66 «Titan Light» для основного производственного помещения и лампы типа ДПП 22 «Prima» для вспомогательных помещений. Лампы LED имеют высокую световую отдачу, что благоприятно сказывается на производительности труда и расходе электроэнергии.

В качестве групповых щитков будут приняты групповые осветительные щитки серии ЩО8505. Данные щитки предназначены для распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов КЗ осветительных и силовых сетей напряжением 220/380 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Щитки представляют собой комплектные устройства и комплектуются автоматическими выключателями типа ВА61-29. Оболочки щитков конструктивно унифицированы, изготавливаются из листового стального проката и состоят из: корпуса; обрамления с дверцей, обеспечивающей защиту IP30 при закрытой дверце; панели, на которой смонтированы автоматические выключатели.

Расчет общего равномерного освещения был произведен методом коэффициента использования. Метод коэффициента использования светового потока применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. По этому методу расчетную освещенность на

горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на расчетную поверхность и отраженного от стен, потолка и самой поверхности.

Для аварийного освещения было использовано часть светильников общего освещения помещений. В рядах аварийные светильники чередуются через два со светильниками общего освещения, что дает равномерное освещение помещений, в случае исчезновения напряжения в щите рабочего освещения. Для расчета системы аварийного эвакуационного освещения был использован точечный метод расчёта. Точечный метод позволяет определить освещенность любой точки на рабочей поверхности, как угодно, расположенной в пространстве. Спроектированная система аварийного освещения удовлетворяет условию создания минимальной освещенности.

На основании электрического расчета осветительной сети были определены сечения кабелей на всех участках осветительной сети так же номиналы аппаратов защиты. К прокладке был принят кабель марки ВВГнг. Потеря напряжения в сети не превышает допустимого значения.

Схема обеспечивает надежное питание источников света электроэнергией требуемого качества, удовлетворяет всем техническим условиям.

Список используемых источников

1. Барыбин Ю.Г., Федорова Л.Е. Справочник по проектированию электроснабжения. М. : Энергоатомиздат, 1990. 576 с.
2. ГОСТ 21.210-2014 Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах.
3. ГОСТ 2.747-68 ЕСКД Обозначение условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
4. ГОСТ 34 739-75 Отопление и вентиляция цехов горячего цинкования металлических опор линий электропередачи. Нормы проектирования.
5. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
6. ГОСТ Р 59294-2021 Источники света, осветительные приборы и системы искусственного освещения. Показатели энергоэффективности и требования.
7. Елкин В.Д. Электрическое освещение: учебно-методическое пособие. Гомель : ГГТУ, 2020. 101 с.
8. Зоммер В.Г. AutoCAD 2008 Руководство чертежника, конструктора, архитектора. М. : Издательство БИНОМ, 2008. 805 с.
9. Каталог светодиодной продукции URL: <https://www.belintegra.by/catalog/svetodiodnaya-produkciya/> (дата обращения 04.01.2023).
10. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение: учебник. Минск : Техноперспектива, 2011. 543 с.
11. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М. : Высш. школа, 1990. 363 с.
12. Правило устройство электроустановок – 7 издание, перераб. И.доп. М. ; Энергоатомиздат, 2003.

13. Радкевич В.Н., Козловская В.Б. Выбор электрооборудования систем электроснабжения промышленных предприятий: пособие для студентов специальности «Электроснабжение». Минск : БНТУ, 2017. 173 с.
14. Радкевич В.Н., Козловская В.Б. Расчет электрических нагрузок промышленных предприятий: учебно-методическое пособие. Минск : БНТУ, 2013. 123 с.
15. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения. Минск : НПО «Пион», 2001. 288 с.
16. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
17. Сумаркова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Томск : издательство Томского политехнического университета, 2012. 288 с.
18. Таблица коэффициентов использования светового потока светильников URL: <https://www.belintegra.by/skachat/> (дата обращения 04.01.2023).
19. Ус А. Г., Евминов Л. И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий. Минск : НПО «ПИОН», 2002. 457 с.
20. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению 2-е изд. ФОРУМ, 2011г. 202 с.