

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.О.СУХОГО

Факультет «Заочный»
Кафедра «Электроснабжение»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту

по дисциплине: «Электрическое освещение»
на тему: «Проектирование электрического освещения литейного цеха»

Исполнитель: студент группы ЗЭ-31с
Мельников А.Ю.

Руководитель: старший преподаватель
Елкин В.Д.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение.....	
1. Определение нормируемого уровня освещенности помещений, обоснование выбора коэффициента пульсации и показатели ослепленности	
2. Обоснование выбора значений коэффициентов запаса освещенности для рассчитываемых помещений	
3. Обоснование выбора варианта источников света для системы общего рабочего и аварийного освещения помещений	
4. Обоснование выбора варианта типа светильников.....	
5. Определение высоты подвеса светильников и размещение их на плане помещения.....	
6. Светотехнический расчет.....	
6.1 Расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока.....	
6.2 Расчет точечным методом аварийного эвакуационного освещения.....	
7. Электрический расчет	
7.1 Разработка схемы питания осветительной установки и выбор типа щитков освещения.....	
7.2 Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной установки.....	
7.3 Определение способа прокладки кабелей (проводов) групповой и питающей электрической проводки.....	
7.4 Расчет сечения жил кабелей (проводов) осветительной сети.....	
7.5 Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей групповой и питающей сети.....	
Заключение.....	
Список используемых источников	

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Мельников А.Ю.			Содержание			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Елкин В.Д.							2	38
Реценз.								ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		
Н. Контр.										
Утверд.										

ВВЕДЕНИЕ

Электрическое освещение в жизни человека играет важную роль. Значимость его определяется тем, что при правильном выполнении осветительных установок электрическое освещение способствует повышению производительности труда, улучшению качества продукции, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижает утомляемость рабочих, обеспечивает значительную работоспособность и создает нормальные эстетическое, физиологическое и психологическое воздействия на человека.

Целью выполнения курсового проекта является решение основных задач разработки проекта технической системы, формирующую такую световую среду, которая бы обеспечивала светотехническую эффективность освещения с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда, техники безопасности при минимальных расходах электроэнергии и затратах материальных и трудовых ресурсов.

Основные задачи при выполнении курсового проекта:

- разработка системы освещения литейного цеха;
- экономичная и надежная работа осветительной установи;
- сокращение капитальных затрат на сооружение осветительной установи;
- снижение ежегодных затрат и ущерба при эксплуатации осветительной установки.

Проект должен отвечать требованиям: безопасности, экономичности, надежности, минимума затрат на монтаж и эксплуатацию осветительной сети.

Состав курсового проекта подлежат разработке следующие вопросы:

- Выбор нормируемой освещенности помещений и коэффициента запаса;
- Выбор варианта источников света для системы общего рабочего и аварийного освещения помещения;
- Выбора типа светильников, высоты подвеса и размещение на плане помещения;
- Расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока;
- Расчет точечным методом аварийного эвакуационного освещения;
- Электрический расчет;
- Выбор типа щитков освещения, марки проводов и кабелей и способов их прокладки;
- Выбор сечения проводов и кабелей и расчет защиты осветительной сети.

В графической части проекта формат А1 представлен план литейного цеха и вспомогательных помещений с расположением светильников и осветительной сети, а также принципиальная схема электрической сети.

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Мельников А.Ю.						
Провер.		Елкин В.Д.					3	38
Реценз.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		
Н. Контр.								
Утверд.								

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМИРУЕМОГО УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОСЛЕПЛЕННОСТИ

Правильное определение уровня нормированной освещенности в значительной степени обуславливает эффективность осветительной установки. Под нормированной освещенностью понимается минимальная освещенность, которая должна иметь место в «наихудших» точках освещаемой поверхности. Установлена следующая шкала нормируемых значений освещенности: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7500 лк.

Нормы освещенности искусственного освещения промышленных помещений, общественных и жилых зданий, территорий предприятий и организаций, улиц и другое регламентированы нормативными документами. Основным нормативным документом для выбора минимальных норм освещенности является ТКП 45-2.04-153-2009 (Естественное и искусственное освещение) [1], а также справочника по электрическому освещению [2]. Ввиду вышеизложенного, представим в таблице 1.1. выбор значения нормируемой освещенности производственных помещений.

Таблица 1.1 – Нормируемые показатели освещенности общепромышленных помещений и сооружения (исходных данных к курсовой работе)

Помещения и производственные участки, оборудование, сооружения (номер цеха по плану- наименование, согласно задания)	Рабочая поверхность и плоскость, на которой нормируется освещенность (Г — горизонтальная, В — вертикальная)	Разряд зрительной работы	Нормируемая освещенность, лк при общем освещении	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Дополнительные указания
1 – Литейный цех (согласно [2], приложение П1.1. стр.215)	Г — 0,8 м от пола	Б-2	200	-	-	-
2 – Кабинет мастеров *(кабинеты и рабочие комнаты, офисы)	Г — 0,8 м от пола (стол)	Б-1	300	20	10	Предусмотреть розетки
3 – Кабинет технологов *(кабинеты и рабочие комнаты, офисы)	Г — 0,8 м от пола (стол)	Б-1	300	20	10	Предусмотреть розетки

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мельников А.Ю.			Определение нормируемого уровня освещенности помещений, обоснование выбора коэффициента пульсации и показатели ослепленности	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Елкин В.Д.					4	38
Реценз.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		
Н. Контр.								
Утверд.								

Продолжение таблицы 1.1

Помещения и производственные участки, оборудование, сооружения (номер цеха по плану- наименование, согласно задания)	Рабочая поверхность и плоскость, на которой нормируется освещенность (Г — горизонтальная, В — вертикальная)	Разряд зрительной работы	Нормируемая освещенность, лк при общем освещении	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Дополнительные указания
4 – Лаборатория (согласно [3], таблица 3.7. стр.53)	Г — 0,8 м от пола	ШВ	300	40	15	Предусмотреть розетки
7 – КТП *(помещения распределительных устройств, диспетчерские, операторные, (электро-) щитовые)	Г — 0,8 м от пола	IVГ*	150	40	20	Предусмотреть розетки для переносного освещения
8 – Склад *(Склады, кладовые металла, запасных частей, ремонтного фонда, готовой продукции, деталей, ожидающих ремонта, инструментальные)	Г — 0,0 м пол	VIIIБ	75	-	-	-

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего периода промышленной эксплуатации осветительной установки. Однако, из-за старения и загрязнения ламп, светильников и поверхностей помещения уровень освещенности со временем снижается. Это необходимо учитывать при проектировании осветительной установки. Ввиду вышеизложенного, начальная освещенность должна быть несколько выше нормированной, что достигается коэффициентом запаса K_3 , значение, которого также регламентированы ТКП 45-2.04-153-2009 (таблица 3) [1].

Коэффициент пульсации освещенности $K_{п, \%}$ - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового поток газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Коэффициент пульсации освещенности определяется по формуле:

$$K_{п} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{ср}}} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где E_{\max} и E_{\min} — соответственно максимальное и минимальное значение освещенности за период ее колебания, лк.;

$E_{\text{ср}}$ — среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Показатель ослепленности P — это критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый по выражению:

$$P = (S - 1) \cdot 1000, \quad (1.2)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Значение коэффициента (показателя) ослепленности, коэффициент пульсации аналогично принимаем согласно ТКП 45-2.04-153-2009 (Естественное и искусственное освещение) [1].

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрели и определили нормируемую освещённость литейного цеха и вспомогательных помещений согласно действующего ТКП 45-2.04-153-2009, охарактеризовали помещения по условию окружающей среды. Определили согласно действующего ТКП коэффициент пульсации освещенности K_p , показатели ослепленности P .

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАССЧИТЫВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для определения коэффициента запаса для литейного цеха и вспомогательных помещений, необходимо определить эксплуатационную группу светильников, согласно приведенной информации в таблице 2.1 экспликации конструктивно-светотехническим схемам светильников. [1], приложение Д1.

Таблица 2.1 – Эксплуатационные схемы светильников

Конструктивно-светотехнические схемы светильников	I			II			III			IV		V		VI		VII	
Группа твердости светотехнических материалов (покрытий)	Т	СТ	М	Т	СТ	М	Т	СТ	М	Т	СТ	Т	СТ	Т	СТ	Т	
Эксплуатационная группа светильников	5	4	3	6	5	4	2	2	1	7	6	5	4	6	5	7	

Таблица 2.2 – Нормы коэффициентов запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Искусственное освещение		
		Коэффициент запаса K_z		
		Количество чисток светильников в год		
		Эксплуатационная группа светильников по приложению		
		1–4	5–6	7
С воздушной средой, содержащей в рабочей зоне от 1 до 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	Литейный цех *(Производственные помещения)	$\frac{1,8}{6}$	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{1,6}{2}$

Справочно:

* - Помещения и производственные участки, оборудования, сооружения согласно таблица В.1. ТКП 45-2.04-153-2009 [1].

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Мельников А.Ю.				Обоснование выбора значений коэффициентов запаса освещенности для рассчитываемых помещений	Лит.	Лист
Провер.	Елкин В.Д.						7
Реценз.						Листов	
Н. Контр.						38	
Утверд.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»	

Для литейного цеха выбираем V эксплуатационную группу светильников, и по таблице 2.2 принимаем коэффициент запаса 1,6, количество чисток светильников в год – 4 раза. Аналогичным образом определяем все требуемые параметры для вспомогательных помещений литейного цеха. Для удобства использования выбранных данных, результаты представим в табличной форме (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Характеристика окружающей среды литейного цеха и вспомогательных помещений, коэффициенты запаса.

Наименование помещения/Параметр	Характеристика помещений по условию ОС	Коэффициент запаса, K_z
Литейный цех	Возможна высокая запыленность, жаркое помещение	1,6
Кабинет мастеров	Отапливаемое, вентилируемое, нормальное помещение	1,4
Кабинет технологов	Отапливаемое, вентилируемое, нормальное помещение	1,4
Лаборатория	Отапливаемое, вентилируемое, нормальное помещение	1,4
КТП	Вентилируемое, электроособая, пожароопасная	1,5
Склад	Вентилируемое, нормальное помещение	1,4

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрели и охарактеризовали помещения по условию окружающей среды, определили и обосновали коэффициенты запаса для помещений, согласно заданию к курсовой работе.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕГО РАБОЧЕГО И АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Основные источники света (ИС) могут быть разделены на ИС, работающие на принципе теплового излучения – обычные лампы накаливания (ЛН) (вакуумные, газонаполненные, одно- и биспиральные), галогенные лампы (КГ), ИС в основе работы которых лежат электрических разряд в газах или парах металлов - люминесцентные лампы низкого давления (ЛЛ), разрядные лампы высокого давления: обычные дуговые ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (ДРИ), натриевые (ДНаТ), светодиодные (LED).

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения. Рабочее освещение предназначено для создания нормальной освещенности на рабочем месте.

В данном курсовом проекте выбор источников света определяется требованиями к освещению (цветность излучения, зрительный комфорт и другие показатели) и выполняется на основании сопоставления достоинств и недостатков существующих источников света, а также в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-153-2009 (Естественное и искусственное освещение) [1]. В качестве источника света для системы общего рабочего и аварийного освещения литейного цеха, и его вспомогательных помещений применяем светодиодные источники света. Представим краткую характеристику данных ИС.

Лампы светодиодные. Выпускаемые промышленностью светодиоды состоят из кристалла полупроводника, заключенного в линзу из полимерного материала. Конструкция светодиода призвана обеспечить минимальные потери излучения при выходе во внешнюю среду и фокусирование света в заданном телесном угле. Кроме того, должен быть обеспечен эффективный отвод теплоты от кристалла. Коэффициент полезного действия (КПД) также является показателем эффективности использования светодиодом электрической энергии. КПД сильно зависит от формы спектра и может быть приближенно определен через значение энергии кванта света в спектральном максимуме.

К основным достоинствам светодиодов относят их высокую надежность и долговечность. Срок службы достигает около 100 тыс.ч. По достигнутым значениям световой отдачей светодиоды давно обогнали лампы накаливания и вплотную приблизились к люминесцентным лампам, так, созданы светодиоды белого цвета со светоотдачей 25-30 лм/Вт, общим индексом цветопередачи 80, а цветные (красные) – со световой отдачей 50 лм/Вт. Светодиод можно питать и от источника переменного тока.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обоснование выбора варианта источников света для системы общего рабочего и аварийного освещения помещений			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Мельников А.Ю.									
Провер.		Елкин В.Д.							9	38	
Реценз.								ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»			
Н. Контр.											
Утверд.											

Аварийное (безопасности и эвакуационное) освещение.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: взрыв, пожар, отравление людей, травму или гибель, длительное нарушение технологического процесса, нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п..

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях производственных помещений и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц: в помещениях — 0,5 лк, на открытых территориях — 0,2 лк. Для аварийного освещения (безопасности и эвакуационного) будет принимать светодиодные лампы (светильники). Все вышесказанное выше, нормируется ТКП 45-2.04-153-2009 (Естественное и искусственное освещение) [1].

С учетом вышесказанного в данном разделе производим выбор источника света для систем общего равномерного освещения литейного цеха и вспомогательных помещений, а также аварийного освещения.

Таблица 3.1 - Выбор источников света системы равномерного освещения литейного цеха и вспомогательных помещений.

№ п.п.	Наименование помещения	Тип лампы	Обоснования выбора источников света
1	Литейный цех	Светодиодная лампа (СД)	Длительный срок службы около 100 тыс.ч, компактность, высокий уровень освещенности, большая ударная прочность, не дают ни инфракрасного, ни ультрафиолетового излучения, мгновенное включение.
2	Кабинет мастеров		
3	Кабинет технологов		
4	Лаборатория		
7	КТП		
8	Склад		
Аварийное освещение помещений для литейного цеха, КТП			

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрели и охарактеризовали основные типы ламп. Окончательный выбор остановился на светодиодных источниках света в качестве основного освещения литейного цеха и вспомогательных помещений. Для аварийного освещения (безопасности и эвакуационного) выбрали светодиодные источники света.

4 ОБОСНОВНИЕ ВЫБОРА ТИПА СВЕТИЛЬНИКОВ

Выбор типа светильников определяется следующими основными факторами: электрическими характеристиками (напряжением, мощностью, родом тока, силой тока); функциональными светотехническими параметрами (световым потоком, силой света, цветовой температурой, спектральным составом излучения); конструктивными параметрами; стабильностью светового потока; средней продолжительностью горения; экономичностью (стоимостью и световой отдачей источника света).

Выбор источников света определяется их характеристиками и требованиями к освещению. Важное значение в выборе источников света имеют их цветопередача и экономичность. В некоторых отраслях промышленности, как правило, не предъявляются жесткие требования к цветопередаче. Основное требование сводится к различению окружающих предметов и лиц людей, работающих в помещении.

Использование светодиодных светильников с каждым годом становится все более популярным, и это, в основном, обусловлено их высокими эксплуатационными качествами. В первую очередь такие светильники интересны владельцам крупных промышленных помещений и складов, где требуется создание комфортного освещения, причем повышение температуры воздуха за счет нагревания ламп недопустимо. Выбор конкретного типа светильника осуществляется в зависимости от источника света, характеристики помещения по условию окружающей среды, разряда зрительной работы выбираем тип и степени защиты светильников, тип кривые силы света и класс светораспределения. При проектировании осветительных установок необходимо также учитывать способ и вид крепления светильников.

Произведем выбор типа светильников для заданных помещений.

Для основного помещения литейного цеха принимаем к установке промышленный светодиодный светильник Колокол SMD 200W [6], который представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Светильник светодиодный Колокол SMD 200W

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мельников А.Ю.			Обоснование выбора типа светильников	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Елкин В.Д.					11	38
Реценз.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		
Н. Контр.								
Утверд.								

Для освещения помещений кабинета мастеров, кабинета технологов, лаборатории используем промышленный светодиодный светильник – RSL-Industrial-80W [6], который представлен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Светильник светодиодный RSL-Industrial-80W

Для освещения помещений склада, КТП применяем к установке светодиодный светильник RSL-Industrial-70W [6], который представлен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Светильник светодиодный RSL-Industrial-70W

Технические характеристики данных светильников сведем для удобства в табличную форму.

Таблица 4.1 – Технические характеристики светодиодных светильников

Тип светильника/Наименование помещения	Литейный цех	Кабинет мастеров, кабинет технологов, лаборатория	КТП, склад
Тип светильника	Колокол SMD 200W	RSL-Industrial-80W	RSL-Industrial-70W
Степень защиты светильника	IP65	IP67	IP 67
Мощность, Вт	200	80	70
Кривая сила света (КСС)	Д	Д	Д
Световой поток, лм	19800	10400	8400
Коэффициент мощность, %	0,98	0,98	0,98

Выводы по разделу

В данном разделе выбрали светильники для литейного цеха и вспомогательных помещений. В качестве светильников были выбраны светодиодные светильники типа Колокол SMD 200W, RSL-Industrial-80W, RSL-Industrial-70W для вспомогательных помещений. Представили технические характеристики данных светильников.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПОДВЕСА СВЕТИЛЬНИКОВ И РАЗМЕЩЕНИЕ ИХ НА ПЛАНЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Существует два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное.

При общем равномерном освещении, а по возможности и при локализованном освещении светильники рекомендуется располагать по вершинам квадратных, прямоугольных (с отношением большей стороны прямоугольника к меньшей не более 1,5) или ромбических (с острым углом ромба, близким к 60°) полей.

Для размещения светильников должны быть известны следующие параметры (размеры) согласно рисунку 5.1.

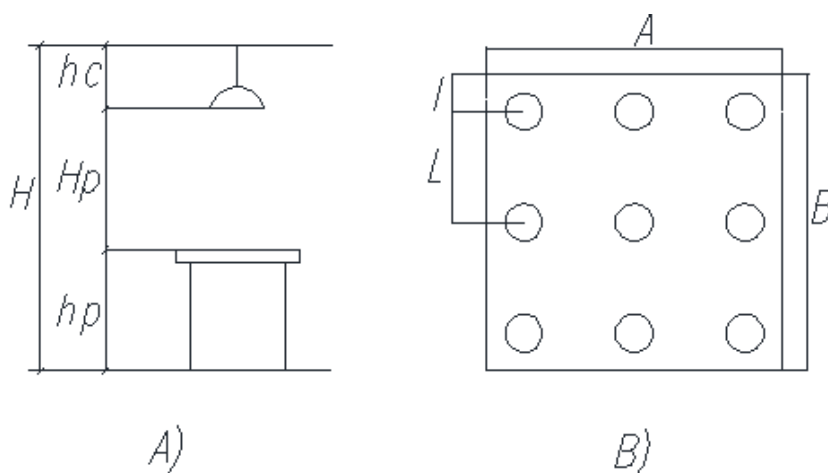


Рисунок 5.1– Размещение светильников

Необходимые параметры для размещения светильников:

H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника, м;

h_p – высота рабочей поверхности, м, принимается согласно ТКП 45-2.04-153-2009 (Естественное и искусственное освещение) [1];

L – расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

l – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается в диапазоне $(0,3;0,5) \cdot L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест).

Минимальная высота подвеса светильников ограничена условием ослепляющего их действия (нормированный показатель ослепленности).

Максимальная высота ограничена размерами помещения и условиям обслуживания светильников.

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Определение высоты подвеса светильников и размещение их на плане помещения			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Мельников А.Ю.								13	38	
Провер.		Елкин В.Д.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»				
Реценз.												
Н. Контр.												
Утверд.												

В помещениях ограниченной высота светильники устанавливаются либо на свесах, либо непосредственно на потолке и обслуживаются с лестниц или стремянок. По условию доступности высота подвеса светильников не должна превышать 5 м от уровня пола, причем светильники не должны располагаться над крупным оборудованием, приямками и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок.

Расчетную высоту от условной рабочей поверхности определяем по формуле [3]:

$$H_p = H - (h_c + h_p), \quad (5.1)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника, м;

h_p – высота рабочей поверхности, м.

Высоту свеса светильников в основном помещении литейного цеха принимаем 3,2 м, так как светильники будут крепиться кронштейнами к потолку. Высота свеса во вспомогательных помещениях принимается самостоятельно, в диапазоне 0:1,5 м.

Для примера расчета, определим расчетную высоту для литейного цеха по формуле 5.1.

$$H_p = 9,0 - (3,2 + 0,8) = 5,0 \text{ м.}$$

Для вспомогательных помещений расчет производится аналогично. Результат расчетов представим в таблице 5.1.

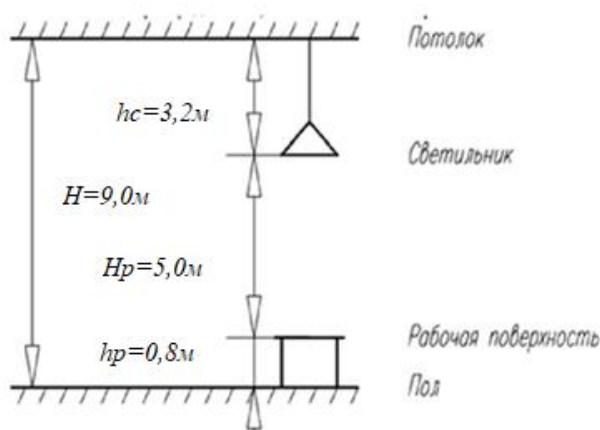


Рисунок 5.2 – Схема размещения светильников по высоте помещения литейного цеха

Таблица 5.1 – Результаты определения расчетной высоты

№ п.п.	Наименование помещения	$H, \text{м}$	$h_p, \text{м}$	$h_c, \text{м}$	$H_p, \text{м}$
1	Литейный цех	9,0	0,8	3,2	5,0
2	Кабинет мастеров	3,0	0,8	0,0	2,2
3	Кабинет технологов	3,0	0,8	0,0	2,2
4	Лаборатория	3,0	0,8	0,2	2,0

Продолжение таблицы 5.1.

№ п.п.	Наименование помещения	H,м	h _р ,м	h _с ,м	H _р ,м
7	КТП	4,0	0,8	0,3	2,9
8	Склад	4,0	0,0	0,5	3,5

Размещение светильников на плане помещения

Распределение освещенности по освещаемой поверхности определяется типом КСС и отношением расстояния между соседними светильниками или рядами к высоте их установки L/H_p .

Расчет размещения светильников представим для литейного цеха. Для остальных помещений расчет выполняется аналогично.

Расстояние между соседними светильниками литейного цеха:

$$L = (L/H_p) \cdot H_p, \quad (5.2)$$

где L/H_p – относительное расстояние между светильниками или рядами светильников, принимается от 1,4...1,6.

$$L = 5,0 \cdot 1,4 = 7,0 \text{ м.}$$

Число рядов светильников определяется по выражению:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (5.3)$$

где B – ширина помещения, м.

$$R = \frac{36 - 2 \cdot 3,5}{7,0} + 1 \approx 5 \text{ шт.}$$

Число светильников определяется по выражению:

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (5.4)$$

где A – длина помещения, м.

$$N_R = \frac{42 - 2 \cdot 3,5}{7,0} + 1 \approx 6 \text{ шт.}$$

Реальные расстояния между рядами светильников:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1} \quad (5.5)$$

$$L_B = \frac{36 - 2 \cdot 3,5}{5 - 1} = 7,25 \text{ м.}$$

Реальные расстояния между центрами светильников в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1} \quad (5.6)$$

$$L_A = \frac{42 - 2 \cdot 3,5}{5 - 1} = 7,0 \text{ м.}$$

После произведенных вычислений, проверяется правильность расчетов для прямоугольного помещения следующим выражением:

$$1 \leq L_A / L_B \leq 1,5, \quad (5.7)$$

$$1 \leq 7 / 7,25 \approx 1 \leq 1,5$$

Если значение <1 , то необходимо уменьшить число светильников в ряду на один или увеличить число рядов на один.

Если значение $>1,5$, то необходимо увеличить число светильников в ряду на один или уменьшить число рядов на один.

Расстояние между светильниками в ряду до стены:

$$l_a = \frac{A - (L_a \cdot (N_R - 1))}{2} \quad (5.8)$$

$$l_a = \frac{42 - (7 \cdot (6 - 1))}{2} = 3,5 \text{ м.}$$

Расстояние между рядами светильников до стены:

$$l_b = \frac{B - (L_b \cdot (R - 1))}{2} \quad (5.9)$$

$$l_b = \frac{36 - (7,25 \cdot (5 - 1))}{2} = 3,5 \text{ м.}$$

Общее число светильников в помещении:

$$N_{CB} = R \cdot N_R \quad (5.10)$$

$$N_{CB} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ шт.}$$

Для вспомогательных помещений и основного помещения литейного цеха расположение светильников, а также их количество будет корректироваться по ходу светотехнического расчета с учетом данного расчета.

Таблица 5.3 – Высота подвеса и размещение на плане помещений

Параметр/ Помещение	Литейный цех	Кабинет мастеров	Кабинет технологов	Лаборатория	КТП	склад
A (длина),м	42	9	9	6	8	8
B (ширина),м	36	6	6	6	6	6
L/H_p	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
H_p ,м	5,0	2,2	2,2	2,0	2,9	3,5
L ,м	7,00	3,08	3,08	2,80	4,06	4,90
l ,м	3,50	1,54	1,54	1,40	2,03	2,45
R	5	2	2	2	1	1
l_B ,м	7,25	2,92	2,92	3,2	-	-
N_R	6	3	3	2	2	2
l_i ,м	7,00	2,96	2,96	3,20	3,9	3,1
$1 \leq L_A / L_B \leq 1,5$	1,2	1,0	1,0	1,0	1,02	1,41
l_a ,м	3,5	1,54	1,54	1,4	2,05	2,45
l_b ,м	3,5	1,52	1,54	1,4	-	-
N_{CB}	30	6	6	4	2	2

Выводы по разделу

В данном разделе определили высоты подвеса светильников для литейного цеха и его вспомогательных помещений. Также определили размещения светильников на плане помещения.

6 СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

При проектировании осветительных установок целью расчета является определение числа и мощности ламп светильников, необходимых для обеспечения заданной освещенности.

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

Точечный метод предназначен для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Применяется при расчете общего равномерного освещения, местного, общего локализованного, аварийного, а также освещения наклонных поверхностей.

6.1 Расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока

Расчетное значение светового потока одной лампы в каждом светильнике определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

где E_H – нормируемое значение освещенности, лм (см.раздел 1);

K_3 – коэффициент запаса (см.раздел 1);

F – освещаемая площадь, м² (исходные данные);

z – отношение средней освещенности к минимальной;

N – количество светильников, шт;

η – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о.е.

Коэффициент z характеризует неравномерность освещенности и в значительной степени зависит от соотношения L/H_p , принимается от 1,10-1,15 в зависимости от типа ламп [2].

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Мельников А.Ю.			Светотехнический расчет			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Елкин В.Д.								18	38
Реценз.								ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»			
Н. Контр.											
Утверд.											

Под коэффициентом использования светового потока понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается из справочной литературы в зависимости от коэффициента отражения поверхностей помещения: ρ_{Π} - потолка, $\rho_{\text{с}}$ - стен, $\rho_{\text{р}}$ - расчетной поверхности и от индекса помещения:

$$i_{\Pi} = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (6.2)$$

где A, B – стороны помещений, м ;

H_p – расчетная высота, м (см.раздел 3).

Для литейного цеха определяем индекс помещения (6.2):

$$i_{\Pi} = \frac{42 \cdot 36}{5 \cdot (42 + 36)} = 3,88 \text{ о.е.}$$

Принимаем следующие коэффициент отражения: белый потолок, стены окрашены в светлые тона – 50% , рабочей поверхности равным - 0,1. КПД светильника Колокол SMD 200W составляет 0,98 о.е.. Коэффициент использования помещения составляет, исходя из индекса помещения составил 0,73.

Тогда, коэффициент использования светового потока составит:

$$\eta_{\text{оу}} = 0,98 \cdot 0,73 = 0,72$$

Световой поток светодиодного светильника Колокол SMD 200W составляет 19800 лм, определяем число светильников по формуле 6.1.

$$N = \frac{200 \cdot 1,6 \cdot 42 \cdot 36 \cdot 1,1}{19800 \cdot 0,72} \approx 38^* \text{ шт.}$$

Справочно:

* - Для удобства размещения расчетной величины светильников, округляем данное число в большую либо меньшую сторону.

$$\Phi_{\text{ТР}} = \frac{200 \cdot 1,6 \cdot 42 \cdot 36 \cdot 1,1}{38 \cdot 0,72} = 19577,7 \text{ лм.}$$

$$\Delta = \frac{19800 - 19577,7}{19800} \cdot 100\% = 1,12\%$$

Таблица 6.1 - Расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока

Помещение/Параметр	i_{Π}	$\eta_{\text{св}}$	η_{Π}	η	N	$\Phi_{\text{ТР}}$	$\Phi_{\text{св}}$	Δ
	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	шт.	лм.	лм.	%
Литейный цех	3,88	0,98	0,73	0,72	38	19577,7	19800	1,12
Кабинет мастеров	1,64	0,98	0,59	0,58	4	10786,9	10400	-3,72
Кабинет технологов	1,64	0,98	0,59	0,58	4	10786,9	10400	-3,72
Лаборатория	1,50	0,98	0,57	0,56	3	9924,81	10400	4,57
КТП	1,18	0,98	0,53	0,52	3	7624,18	8400	9,24
Склад	0,98	0,98	0,50	0,49	2	7657,14	8400	8,84

6.2 Расчет точечным методом аварийного эвакуационного освещения

Используя формулу для определения светового потока, получим выражение для определения количества светильников:

$$\Phi_{ав} = \frac{E_{н(ав)} \cdot K_3 \cdot F \cdot Z}{N_{ав} \cdot \eta_{ав}} \rightarrow N_{ав} = \frac{E_{н(ав)} \cdot K_3 \cdot F \cdot Z}{\Phi_{ав} \cdot \eta_{ав}} \quad (6.3)$$

Освещенность должна составлять 5% от нормируемой величины, но не менее 2 лк и не более 50 лк.

$$E_{н(ав)} = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ лк}$$

Для аварийного освещения выбираем светильник светодиодный типа RSL-Industrial-30W БАП, мощностью 30 Вт. Степень защиты светильника IP65.

Величине индекса помещения $i_{п}=3,88$ о.е. соответствует значение коэффициента использования $\eta=0,73$.

Тогда, коэффициент использования светового потока составит:

$$\eta_{оу} = 0,98 \cdot 0,73 = 0,72$$

$$N = \frac{10 \cdot 1,6 \cdot 42 \cdot 36 \cdot 1,1}{3050 \cdot 0,72} \approx 12 \text{ шт.}$$

Над входом, выходом из литейного цеха размещаем информационную табличку «Выход» и «Направления движения».

Освещенность элемента поверхности определяется в соответствии с формулой (6.4). В случае расчета освещенности на горизонтальной поверхности расстояние от источника света до контрольной точки А определяется как гипотенуза прямоугольного треугольника по выражению:

$$l = \frac{H_p}{\cos \alpha} \quad (6.4)$$

Таким образом, освещенность элемента поверхности на горизонтальную плоскость можно рассчитать по формуле 6.5

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{H_p^2 \cdot K_a} \quad (6.5)$$

Расчет освещенности на горизонтальной плоскости с использованием формулы осуществляется в следующем порядке:

- На плане помещения с известным расположением светильников (рисунок 6.1) намечаем контрольную точку, в которых ожидается наименьшая освещенность.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

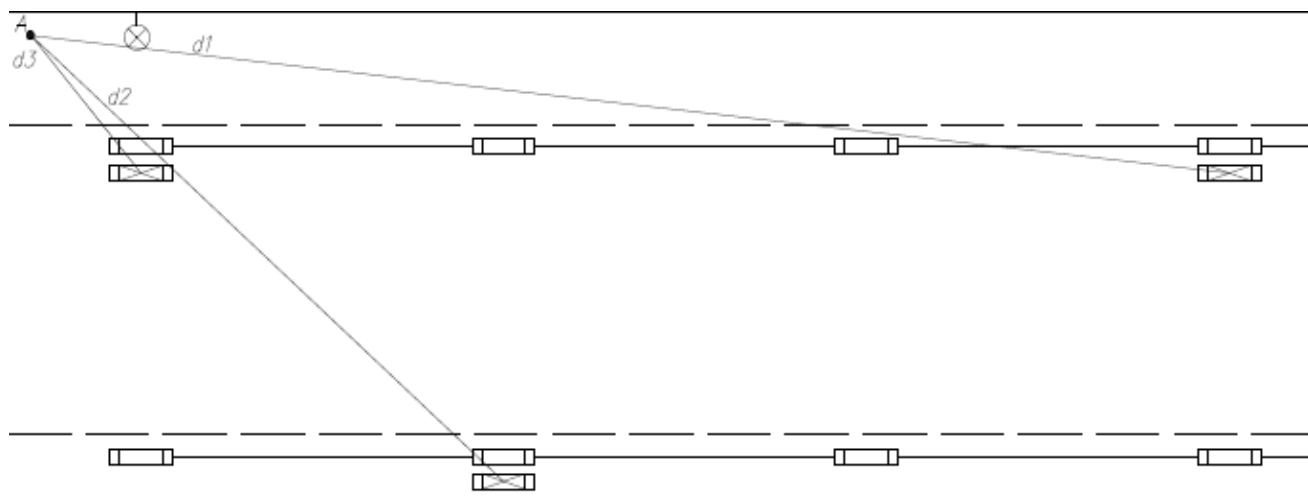


Рисунок 6.1 – Контрольная точка, имеющая наименьшую освещенность
(фрагмент литейного цеха)

- Определяем расстояния от контрольной точки до ближайших светильников:
 $d_1=23,2$ м; $d_2= 12,5$ м; $d_3= 3,3$ м.

- По графику для излучателя, имеющего по всем направлениям силу света 100 кд [4] и по значениям H_p и d определяем значение условной освещенности e_{100} :
 $e_{100(1)}=0,01$ лк; $e_{100(2)}=0,2$ лк; $e_{100(3)}=2,85$ лк.

- Определяется тангенс угла падения светового луча в расчетной точке по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p} \quad (6.6)$$

$$\operatorname{tg} \alpha(1) = \frac{23,2}{5,0} = 4,64, \quad \text{отсюда} \quad \alpha = 77,88^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha(2) = \frac{12,5}{5,0} = 2,50, \quad \text{отсюда} \quad \alpha = 68,23^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha(3) = \frac{3,3}{5,0} = 0,66, \quad \text{отсюда} \quad \alpha = 33,44^\circ$$

Для светильников с условной лампой со световым потоком 1000 лм для найденного угла α интерполируя определяем силу света $I_{\alpha(1000)}$ [4], и рассчитаем значение освещенности, создаваемой этим светильником:

$$e_1 = 0,01 \cdot \frac{112,6}{100} = 0,011 \text{ лк} \quad e_2 = 0,2 \cdot \frac{138,6}{100} = 0,28 \text{ лк} \quad e_3 = 3,3 \cdot \frac{210,5}{100} = 5,99 \text{ лк}$$

Для определения освещенности в расчетной точке:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot 1000}{\mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i} \rightarrow E = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}{1000 \cdot K_3} \quad (6.7)$$

Уровень освещенности в заданной точки:

$$E = \frac{3050 \cdot 1,1 \cdot (0,011 + 0,28 + 5,99)}{1000 \cdot 1,5} = 13,18 \text{ лк.}$$

Уровень освещенности составляет 13,18 лк, что больше 10 лк (расчет производился ранее). Из расчета видно, что световой поток $\Phi=3050$ лм выбранного светильника удовлетворяет условию минимальной освещенности. Аналогично выполнением расчет для помещения КТП (согласно [2], стр.16). Результаты расчета представим в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 - Результаты расчета эвакуационного освещения литейного цеха, помещения КТП

Наименование помещения	Тип светильников	Кол-во светильников	Необходимый уровень освещенности, лк	Уров. освещ. в т. А, лк
Литейный цех	RSL-Industrial-30W БАП	12	10	13,18
КТП		1	7,5	9,15

Выводы по разделу

В данном разделе произвели расчет количества светильников для электрического освещения литейного цеха и вспомогательных помещений методом коэффициента использования светового потока. Также произвели расчет аварийного эвакуационного освещения литейного цеха, КТП. По результатам расчета установили, что эвакуационное освещение соответствует минимальному нормированному уровню освещенности.

7 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

7.1 Разработка схемы питания осветительной установки и выбор типа щитков освещения

Сети электрического освещения делятся на питающие, распределительные и групповые.

Питающая сеть. Питание электрического освещения литейного цеха и вспомогательных помещений осуществляется совместно с силовым электрооборудованием литейного цеха от КТП, с трансформаторами с номинальной мощностью 2х400 кВА, с номинальным напряжением 10/0,4 кВ, до шин 0,4 кВ. Сеть от КТП до МЩО выполняем кабелем 0,4 кВ, проложенным в земле.

Распределительная сеть. От шин 0,4 кВ КТП через магистральный щит освещения (МЩО) до групповых щитков освещения (ГЩО), сеть выполняем кабелем 0,4 кВ, проложенным в коробе. Магистральный щит освещения применяем для селективной защиты групповых щитков освещения.

Питание групповых щитков освещения рабочего освещения и щитков эвакуационного освещения (ГЩОа) будет производить от одного источником питания по отдельным линиям.

Групповая сеть. От щитков освещения до непосредственно самих светильников, розеток, сеть выполняем кабелем в коробах, в коробе, по строительным конструкциям и пустотах, под штукатуркой и т.д. в зависимости от условий. Светильники основного помещения подключаем на фазное напряжение, вспомогательные помещения литейного цеха и эвакуационное освещение основного помещения подключаем на однофазное напряжение. Схема питания представлена на рисунке 7.1.

При проектировании электрической сети освещения соблюдаем требования: надежности, безопасности, индустриализацию выполнения монтажных работ, экономичность, требования эстетики.

Исходя из вышеизложенного определяем расположением ГЩО и подключение осветительных групп помещений.

На плане литейного цеха установим два групповых щитков освещения ГЩО-1, ГЩО-2. Питание групповых щитков рабочего освещения осуществляется от магистрального щитка освещения. От МЩО до ГЩО1, ГЩО2 питание осуществляется по радиальной схеме.

На рисунке 7.1 представлена схема питания осветительной установки.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Мельников А.Ю.			Электрический расчет				Лит.	Лист	Листов		
Провер.		Елкин В.Д.									23	38	
Реценз.									ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»				
Н. Контр.													
Утверд.													

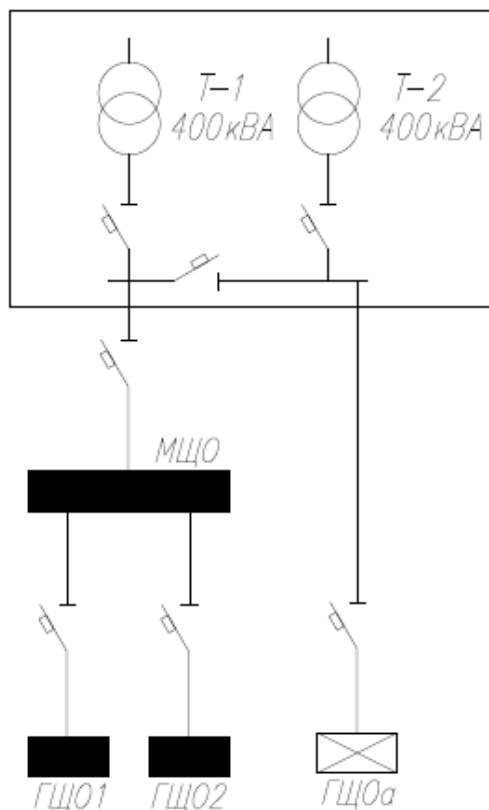


Рисунок 7.1 – Схема питания осветительной установки

Осветительные щитки предназначены для приема и распределения электроэнергии в осветительных установках, для управления освещением, а также для защиты групповых линий при длительных перегрузках и коротких замыканиях. Щитки выбираются с учетом условий окружающей среды, количества присоединяемых к ним линий, их расчетных токов и требуемых защитных аппаратов.

На промышленных объектах в осветительных установках могут применяться осветительные щитки типа ЯОУ8500, ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ЩО8505, ЩРО8505, распределительные пункты типа ПР85 и др.

Управление рабочим освещением основного помещения литейного цеха производится непосредственно автоматическими выключателями или дополнительно установленными на щитке выключателями.

Выбор типа щитков и их количества представим в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Выбор типа и количества щитков освещения

Наименование щитка освещения	Количество линий в ЩО		Тип щитка	Количество автоматов		Тип автоматов	Степень защиты
	1-фазных	3-фазных		1-фазных	3-фазных		
МЩО	0	2	ЩО8505-0206	-	2	BA52-31/ BA51-31	IP54
ГЩО1	6	-	ЩО8505-1118	6	-	BA51-31/ BA49-29	IP54
ГЩО2	5	-	ЩО8505-0206	5	-	BA51-31/ BA49-29	IP54
ГЩОа	6	-	ЩО8505-1118	6	-	BA51-31/ BA49-29	IP54

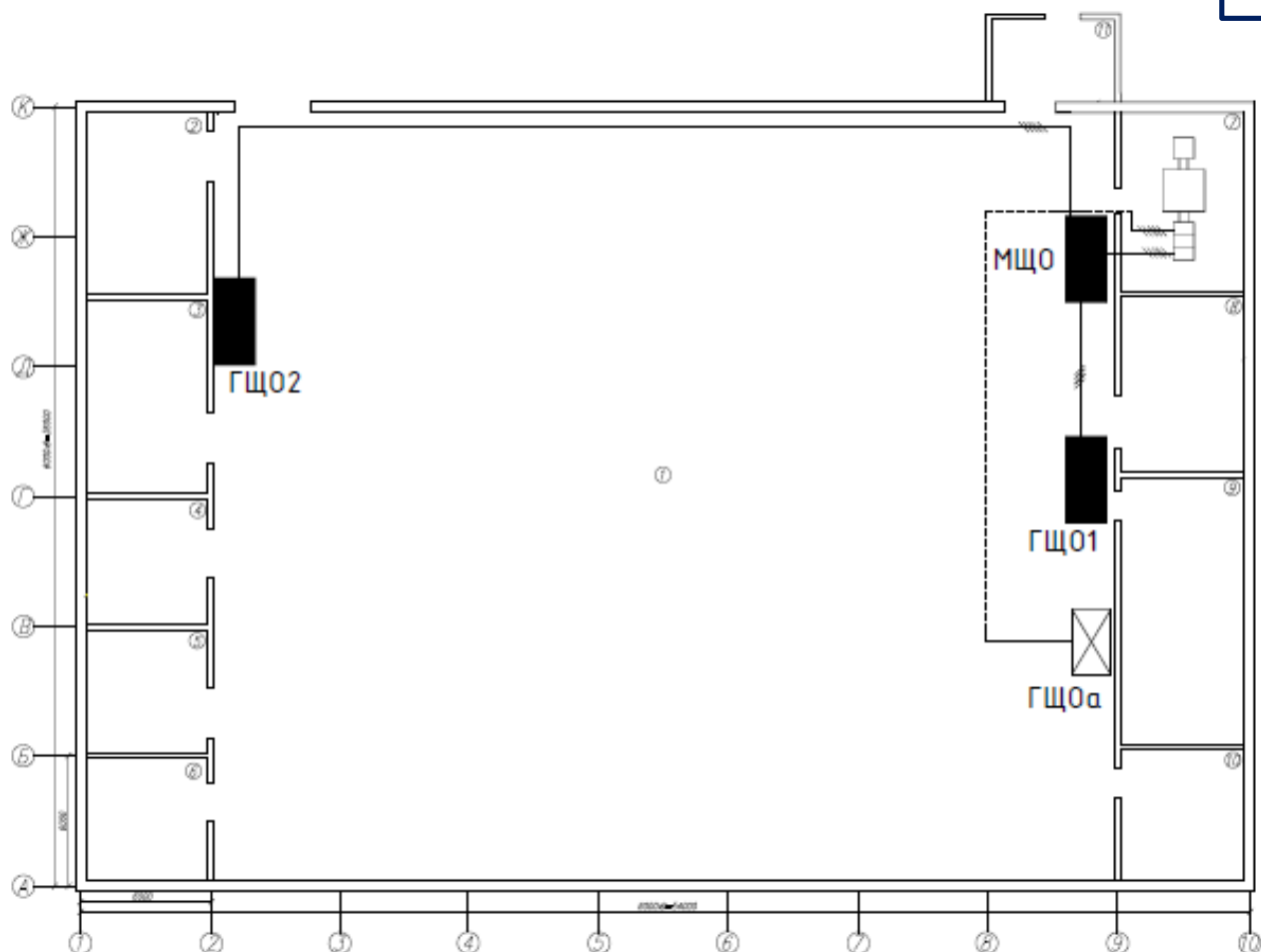


Рисунок 7.2 - План расположения ЩО и трассы электрической сети

7.2 Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной сети

Рассчитаем нагрузку освещения электрической сети по следующим формулам, которые представлены ниже.

Расчетную мощность групповой сети определяем по выражению:

$$P_{p.o.} = K_{c.o.} \cdot \left[\sum_{i=1}^n P_{cd} \right], \quad (7.1)$$

где $K_{c.o.}$ – коэффициент спроса освещения, характеризующий использования источников света по времени, принимается согласно научной литературы [4], для помещений, состоящих из малых отдельных помещений – 0,85;

P_{cd} – номинальная мощность, выбранный источников света, кВт.

n – количество выбранных источников света, шт.

Установленную мощность групповой сети определяем по выражению:

$$P_{p.o.} = \left[\sum_{i=1}^n P_{cd} \right] \quad (7.2)$$

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Определим установленную и расчетную мощность группового щитка ГЩО1:

$$P_{\text{уст.ГЩО1}} = \sum_1^{38} 0,20 = 7,60 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{расч.ГЩО1}} = 0,85 \cdot \sum_1^{38} 0,20 = 6,46 \text{ кВт.}$$

Определим установленную и расчетную мощность группового щитка ГЩО2:

$$P_{\text{уст.ГЩО2}} = \sum_1^4 0,08 + \sum_1^4 0,08 + \sum_1^3 0,08 + \sum_1^3 0,07 + \sum_1^2 0,07 = 1,23 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{расч.ГЩО2}} = 0,85 \cdot (\sum_1^4 0,08 + \sum_1^4 0,08 + \sum_1^3 0,08 + \sum_1^3 0,07 + \sum_1^2 0,07) = 1,05 \text{ кВт.}$$

Определим расчетную мощность магистрального щитка МЩО:

$$P_{\text{уст.МЩО}} = 7,60 + 1,23 = 8,83 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{расч.МЩО}} = 6,46 + 1,05 = 7,51 \text{ кВт.}$$

Определим установленную и расчетную мощность группового щитка ГЩОа:

$$P_{\text{уст.ГЩОа}} = \sum_1^{13} 0,03 = 0,39 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{расч.ГЩОа}} = 0,85 \cdot \sum_1^{13} 0,03 = 0,33 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем токи осветительной трехфазной сети:

$$I_p = \frac{P_{\text{с.о.}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} \quad (7.3)$$

Рассчитаем токи осветительной однофазной сети:

$$I_p = \frac{P_{\text{с.о.}} \cdot 10^3}{U_{\text{ф}} \cdot \cos \varphi} \quad (7.4)$$

Определим расчетный ток группового щитка МЩО:

$$I_{\text{р.мщо}} = \frac{7,51 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,98} = 11,64 \text{ А.}$$

Определим расчетный ток группового щитка ГЩО1:

$$I_{\text{р.ГЩО1}} = \frac{6,46 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,98} = 10,01 \text{ А.}$$

Определим расчетный ток магистрального щитка ГЩО2:

$$I_{\text{р.ГЩО2}} = \frac{1,05 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,98} = 1,62 \text{ А.}$$

Определим расчетный ток группового щитка ГЩОа:

$$I_{\text{р.ГЩОа}} = \frac{0,33 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,98} = 0,51 \text{ А.}$$

Определим расчетный ток для однофазного участка ГЩ1-1(1...6):

$$I_{\text{р.1}} = \frac{0,85 \cdot 0,2 \cdot 6 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,98} = 4,73 \text{ А.}$$

Определим расчетный ток для однофазного участка ГЩ2.1 (1...5):

$$I_{p.} = \frac{0,85 \cdot 4 \cdot 0,08 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,98} = 1,26 \text{ А.}$$

7.3 Определение способа прокладки кабелей (проводов) групповой и питающей электрической проводки

Электрическая сеть выполняется проводами и кабелями медными или алюминиевыми жилами проводов и кабелей по условиям окружающей среды.

Следуя этим рекомендациям, для литейного цеха выбираем кабели типа АВВГнг для основного и вспомогательных помещений по условиям окружающей среды, удобству монтажа и обслуживания. В литейном цеху способ прокладки кабелей – в коробе по условиям окружающей среды. Во вспомогательных помещениях способ прокладки – скрытый под слоем штукатурки и в строительных пустотах, в коробах. Выбор сечений проводов и кабелей должен выполняться по допустимому нагреву длительным током, по допустимой потере напряжения, по механической прочности, и согласовано с защищаемым аппаратом. По механической прочности расчет проводов и кабелей внутренних электрических сетей не проводится. В практике проектирования сетей соблюдается минимальное сечение жил проводов по механической прочности.

Таблица 7.2 – Провода, кабели и способ их прокладки

№ линии	Кабель	Способ прокладки
Участок КТП-МЩО		
P _{ор}	АВВГнг	Открыто в пластиковом коробе по стенам и конструкции
Участок КТП-ГЩОа		
P _{оа}	АВВГнг	Открыто в пластиковом коробе по стенам и конструкции
Участок МЩО – ГЩО1		
P _{о1}	АВВГнг	Открыто в пластиковом коробе по стенам и конструкции
Участок МЩО – ГЩО2		
P _{о2}	АВВГнг	Открыто в пластиковом коробе по стенам и конструкции
Участок ГЩО1– Литейный цех		
P _{1.1- P_{1.6}}	АВВГнг	Открыто в пластиковом коробе по стенам и конструкции
Участок ГЩО2–вспомогательные помещения		
P _{2.1- P_{2.5}}	АВВГнг	Скрыто, под штукатуркой

Оформляем графическую часть КП. На конструкции литейного цеха и помещений трассы прокладки групповых сетей. Определяем более точные расстояния проводникового материала с учетом спусков и подъемов по стенам и конструкциям проектируемой литейного цеха. Это обеспечивает более рациональное расположение оборудования и сетей, экономию проводникового материала, что положительно сказывается на выборе сечения проводникового материала и расчетах потерь напряжения на участках осветительной сети.

7.4 Расчет сечения жил кабелей (проводов) осветительной сети

Составляем расчетную схему питания, которая представлена на рисунке 7.3. Расстояние кабелей от светильников до ЩО взяты на основании замеров расстояний прокладки кабелей от ЩО до светильников в помещениях.

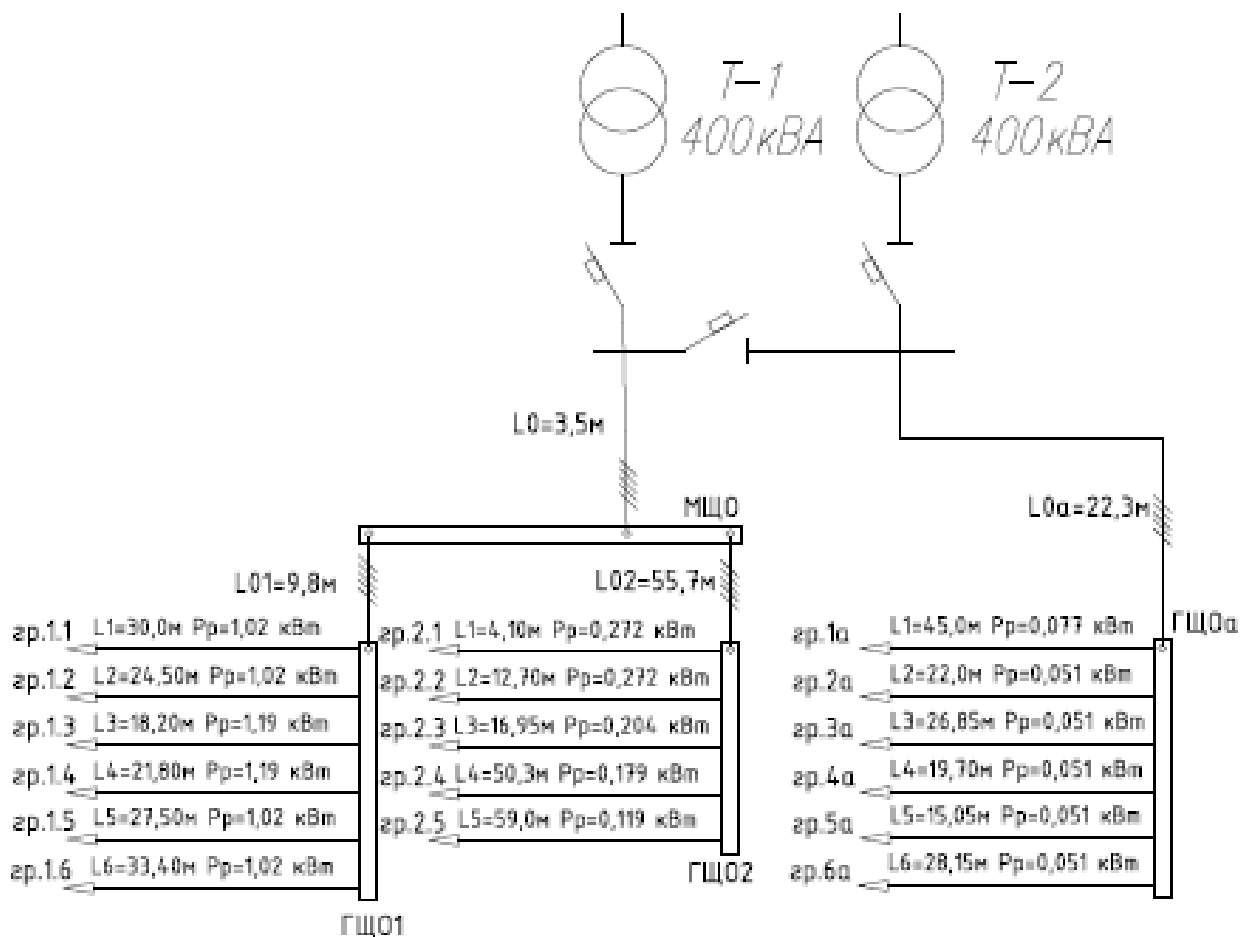


Рисунок 7.3 – Расчетная схема питания осветительной установки

Расчет параметров силового трансформатора.

В исходных данных на курсовой проект дана характеристика питания силовой нагрузки:

1. Трансформатор ТП – $S_{\text{тр}}=400$ кВА;
2. Коэффициент загрузки трансформатора ТП - $\beta_{\text{н}}=0,85-0,9$. (нормируемый)
3. Коэффициент мощности ТП - $\cos(\varphi_{\text{н}})=0,80$ для литейного цеха.

Исходя из этих данных, определяем активную, реактивную, полную мощность потребляемые от трансформатора силовой нагрузкой:

$$P_{\text{н}} = n \cdot S_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot \cos \phi, \quad (7.5)$$

$$Q_{\text{н}} = n \cdot S_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot \sin \phi, \quad (7.6)$$

$$S_H = \sqrt{P_H^2 + Q_H^2}, \quad (7.7)$$

где n – количество трансформаторов, шт;

$S_{тр}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$P_H = 2 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 0,80 = 544,0 \text{ кВт.}$$

$$Q_H = 2 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 0,60 = 408 \text{ квар.}$$

$$S_H = \sqrt{544^2 + 408^2} = 680,0 \text{ кВА.}$$

Активная, реактивная, и полная мощность потребляемые от трансформатора осветительной нагрузкой:

$$P_{р.мщО} = 7,51 \text{ кВт.}$$

$$Q_{р.мщО} = 1,53 \text{ квар.}$$

$$S_{р.мщО} = \sqrt{7,51^2 + 1,53^2} = 7,66 \text{ кВА.}$$

Определяем коэффициент загрузки трансформатора при суммарной силовой и осветительной нагрузок приведенной к трансформатору в КТП РУ 0,4 кВ:

$$\beta_{тр} = \frac{S_{р.мщО} + S_H}{N_{тр} \cdot S_{тр}} \quad (7.8)$$

$$\beta_{тр} = \frac{7,66 + 680}{2 \cdot 400} = 0,86 \text{ А.}$$

Определяем расчетный коэффициент мощности силовой и осветительной нагрузки, приведенной к трансформатору в КТП РУ 0,4 кВ., (потери мощности в самом трансформаторе не будем учитывать по причине небольших расчетных значений):

$$\cos(\phi) = \frac{P_{р.мщО} + P_H}{S_{р.мщО} + S_H} \quad (7.9)$$

$$\cos(f) = \frac{7,51 + 544}{7,66 + 680} = 0,80 \text{ о.е.}$$

Расчет моментов нагрузки осветительной сети на различных участках.
Момент нагрузки осветительной сети на участке КТП-МЩО (Рор):

$$M_{OP} = P_p \cdot L = P_{р.мщО} \cdot L \quad (7.10)$$

$$M_{op} = 7,51 \cdot 3,5 = 26,27 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Момент нагрузки осветительной сети на участке МЩО -ГЩО1 (Ро1):

$$M_{o1} = P_{р.гщО1} \cdot L \quad (7.11)$$

$$M_{o1} = 6,46 \cdot 9,8 = 63,31 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Момент нагрузки осветительной сети на участке МЦО –ГЦО2 (Р_{о2}):

$$M_{o2} = P_{p.гцo2} \cdot L \quad (7.12)$$

$$M_{op} = 1,05 \cdot 55,7 = 58,23 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Расчет моментов нагрузки М_{ор}, М_{оа}, М_{о1}, М_{о2}, осветительной сети участков Р_{ор}, Р_{оа}, Р_{о1}, Р_{о2}, сведем таблицу 7.3.

Расчет моментов нагрузки для участка осветительной сети ГЦО1.

$$M_n = P_n \cdot (l_0 + \frac{\sum l}{2}), \quad (7.13)$$

где l_0 – длина участка линии от щитка до первого светильника, м;

$\sum l$ – суммарная длина интервалов между светильниками, м.

$$M_{1-1.1} = P_{1-1.1} \cdot (l_{1.1} + \frac{l_{1.1}}{2}) = 1,02 \cdot 30,0 = 30,60 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

«Определим приведенный момент нагрузки к участку ГЦО1

$$M_{гцo1} = \sum M + \alpha \cdot \sum m \quad (7.14)$$

где $\sum M$ – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов линии, что и на данном участке, кВт·м.;

α – коэффициент приведения моментов, о.е.;

$\sum m$ – сумма моментов, питаемых через данный участок линии с иным числом проводов, чем на данном участке, кВт·м.;

$$M_{гцo1} = 63,31 + 1,85 \cdot (30,6 + 24,99 + 21,66 + 25,94 + 28,05 + 34,07) = 369,13 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Результаты расчетов моментов нагрузки по ГЦО1 представлен в таблице 7.3. Для остальных участков расчет моментов аналогичен, и результат представлен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Расчет моментов нагрузки для участков осветительной сети

№ участка	Участок		Рр, кВт	L _{линии} , м	М, кВтч	а	mхa, кВтм
	Начало	Конец					
Рор	КТП	МЦО	7,51	3,5	26,27	1	26,27
Ро1	МЦО	ГЦО1	6,46	9,8	63,31	1	63,31
Ро2	МЦО	ГЦО2	1,05	55,7	58,23	1	58,23
Роа	КТП	ГЦОа	0,33	22,3	7,39	1	7,39
Участок ГЦО1-светильники							
№ участка	Участок		Рр, кВт	L _{линии} , м	М, кВтч	а	mхa, кВтм
	Начало	Конец					
Р1	ГЦО1	гр.1.1	1,02	30,00	30,60	1,85	56,61
Р2	ГЦО1	гр.1.2	1,02	24,50	24,99	1,85	46,23
Р3	ГЦО1	гр.1.3	1,19	18,20	21,66	1,85	40,07
Р4	ГЦО1	гр.1.4	1,19	21,80	25,94	1,85	47,99
Р5	ГЦО1	гр.1.5	1,02	27,50	28,05	1,85	51,89
Р6	ГЦО1	гр.1.6	1,02	33,40	34,07	1,85	63,03
Приведенный момент нагрузки на участке ГЦО1-светильники							369,13

Продолжение таблицы 7.3.

Участок ГЩО2-светильники							
P1	ГЩО2	гр.2.1	0,272	4,10	1,12	1,85	2,06
P2	ГЩО2	гр.2.2	0,272	12,70	3,45	1,85	6,39
P3	ГЩО2	гр.2.3	0,204	16,95	3,46	1,85	6,40
P4	ГЩО2	гр.2.4	0,179	50,30	8,98	1,85	16,61
P5	ГЩО2	гр.2.5	0,119	59,00	7,02	1,85	12,99
Приведенный момент нагрузки на участке ГЩО2-светильники							102,68
Участок ГЩОа-светильники							
№ участка	Участок		Рр, кВт	Линии, м	М, кВтч	а	mxa, кВтм
	Начало	Конец					
P1a	ГЩОа	гр.1а	0,077	45,00	3,44	1,85	6,37
P2a	ГЩОа	гр.2а	0,051	22,00	1,12	1,85	2,08
P3a	ГЩОа	гр.3а	0,051	26,85	1,37	1,85	2,53
P4a	ГЩОа	гр.4а	0,051	19,70	1,00	1,85	1,86
P5a	ГЩОа	гр.5а	0,051	15,05	0,77	1,85	1,42
P6a	ГЩОа	гр.6а	0,051	28,15	1,44	1,85	2,66
Приведенный момент нагрузки на участке ГЩОа-светильники							24,30
Приведенный момент нагрузки на участке КТП-МЩО							651,32

Приведенный момент нагрузки КТП-МЩО:

$$M_{\text{КТП-МЩО}} = 26,27 + 63,31 + 58,23 + 7,39 + 369,13 + 102,68 + 24,30 = 651,32 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Расчет сечений кабелей (проводов) осветительной сети на участках.

Расчет и выбор кабеля на участке сети Р_{т1} КТП-МЩО.

Допустимая потеря напряжения на участке Р_{т1}:

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{т}}, \quad (7.15)$$

где $U_{\text{хх}}$ – напряжение холостого хода на шинах низкого напряжения трансформатора, принимается 105%;

$U_{\text{л}}$ – минимальное допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы, принимается 95%;

$U_{\text{т}}$ – потери напряжения в трансформаторе, согласно заданию составляет 4,4%.

$$\Delta U_{\text{доп}} = 105 - 95 - 4,4 = 5,6\%$$

Расчетное сечение кабеля на участке КТП-МЩО из условия потери напряжения на участке осветительной сети:

$$S = \frac{M_{\text{пр}}}{c \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (7.16)$$

где c – коэффициент, зависящий от материала проводника и напряжения сети, принимаем 44 [5];

$$S_p = \frac{651,31}{44 \cdot 5,6} = 2,64 \text{ мм}^2$$

					КП 1-43 01 03 3Э-31с.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Выбираем ближайшее стандартное сечение, однако, для питающих кабелей рекомендуется применять сечение 16 мм², принимаем кабель АВВГнг 5х16 мм², с I_{доп}=90А.

Расчетный ток вставки расцепителя защитного аппарата:

$$I_{\text{ном.р}} \geq K_z \cdot I_p, \quad (7.17)$$

где K_з – коэффициент запаса, принимается равным 1.

Выбираем вставку расцепителя защитного аппарата с параметрами: I_{нр}=50А (с учетом селективности).

$$I_{\text{ном.р}} = 50\text{А} \geq I_p = 11,64\text{А}$$

Расчет допустимого сечения кабеля на участке КТП-МЩО из условий соответствия вставки расцепителя защитного аппарата:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_n}, \quad (7.18)$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_n \cdot \frac{I_p}{K_z}, \quad (7.19)$$

где I_р – расчетный ток, А;

K_п – коэффициент прокладки кабеля, равный 1;

K_{защ} – коэффициент защиты;

I_{защ} – номинальный ток защитного аппарата.

Исходя из условий: потери напряжения на участке осветительной сети, расчетного тока, соответствия расцепителя защитного аппарата, окружающей среды, механической прочности, выбираем кабель АВВГнг 5х16 мм², I_{доп}=90 А.

Потеря напряжения на участке КТП-МЩО в кабеле АВВГнг 5х16 мм² составит:

$$\Delta U_{\text{ф.о.}} = \frac{M_{\text{о.}}}{c \cdot S_0} \cdot K_k, \quad (7.20)$$

где K_к – коэффициент, учитывающий реактивную составляющую потери напряжения, принимаем по [5] равным 1,038.

$$\Delta U_{\text{ф.о.}} = \frac{26,27}{44 \cdot 16} \cdot 1,038 = 0,04\%$$

Расчет и выбор кабеля на участке сети Р_{ор} (КТП-МЩО).

Допустимая потеря напряжения на участке КТП-МЩО:

$$\Delta U_{\text{доп1}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{КТП-МЩО}} = 5,6 - 0,04 = 5,56\%$$

Расчет и выбор кабеля на участке сети Р_{о1} (МЩО-ГЩО1).

Расчетное сечение кабеля на участке МЩО –ГЩО1 из условия потери напряжения на участке осветительной сети:

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{\text{МЩО-ГЩО1}} = \frac{369,13}{44 \cdot 5,56} = 1,51 \text{ мм}^2$$

Расчетный ток кабеля на участке МЩО –ГЩО1 составляет 10,01 А.

Выбираем предварительно вставку расцепителя защитного аппарата с параметрами: $I_{\text{нр}}=31,5 \text{ А}$.

$$I_{\text{ном.р}} = 31,5 \text{ А} \geq I_{\text{р}} = 10,01 \text{ А}$$

Предварительно выбираем сечение кабеля АВВГнг 4 мм² на участке МЩО-ГЩО1 из условия соответствия вставки расцепителя защитного аппарата:

$$I_{\text{доп}} = 38 \text{ А} \geq \frac{10,01}{1} = 10,01 \text{ А}.$$

$$I_{\text{доп}} = 38 \text{ А} \geq \frac{31,5}{1} = 31,5 \text{ А}.$$

Потеря напряжения на участке МЩО –ГЩО1 в кабеле АВВГнг 5х4 мм² составит:

$$\Delta U_{\text{МЩО-ГЩО1}} = \frac{63,31}{44 \cdot 4} \cdot 1,038 = 0,37\%$$

Расчет и выбор кабеля на участке сети ГЩО1-светильники (гр.1.1).

Допустимая потеря напряжения на участке МЩО-ГЩО1:

$$\Delta U_{\text{доп2}} = \Delta U_{\text{доп1}} - \Delta U_{\text{МЩО-ГЩО1}} = 5,56 - 0,37 = 5,19\%$$

Расчетное сечение кабеля на участке ГЩО1 – светильник гр1.1 из условия потери напряжения на участке осветительной сети:

$$S_{\text{ГЩО1-ГР.1.1.}} = \frac{102,68}{7,4 \cdot 5,19} = 1,47 \text{ мм}^2$$

Расчетный ток кабеля гр.1.1. составляет 4,73 А. Выбираем предварительно вставку расцепителя защитного аппарата с параметрами: $I_{\text{нр}}=16 \text{ А}$.

$$I_{\text{ном.р}} = 16 \text{ А} \geq I_{\text{р}} = 4,73 \text{ А}$$

Предварительно выбираем сечение кабеля АВВГнг 2,5 мм² из условия соответствия вставки расцепителя защитного аппарата:

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А} \geq \frac{4,73}{1} = 4,73 \text{ А}.$$

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А} \geq \frac{16}{1} = 16 \text{ А}.$$

Потеря напряжения на участке ГЩО1 –гр.1.1. в кабеле АВВГнг 3х2,5 составит:

$$\Delta U_{\text{ГЩО1-ГР.1.1.}} = \frac{30,60}{7,4 \cdot 2,5} \cdot 1,038 = 1,72\%$$

Результаты расчетов представлены в таблице 7.4. Для остальных участков осветительной сети расчет выполняется аналогично. Результаты расчетов сведены в таблице 7.4.

7.5 Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей групповой и питающей сети.

Защиту осветительной сети от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполняем автоматическими выключателями серии ВА.

Номинальные токи автоматического выключателя $I_{\text{ном.а}}$ и его расцепителя $I_{\text{ном.р}}$ выбираются по следующим условиям:

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.}}, \quad (7.21)$$

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{р.}}.$$
 (7.22)

Рассмотрим пример выбора автоматического выключателя для КТП-МЩО, с расчетным током 11,64 А.

Принимаем выключатель ВА 51-31 с параметрами: $I_{\text{на}}=100$; $I_{\text{нр}}=50\text{А}$.

$$I_{\text{ном.а}} = 100 \text{ А} \geq I_{\text{расч.}} = 11,64 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ном.р}} = 50 \text{ А} \geq I_{\text{расч.}} = 11,64 \text{ А}.$$

Условия выбора выполняются. Результаты расчетов сводим в таблицу 7.4. Для остальных участков осветительной результаты представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Результаты расчета электрической сети освещения

Участок сети		Нагрузка		Защитный аппарат			Муч, кВтм	Мпр, кВтм	S, мм2	Спр.мм2	ΔU, %	Кабель	Идоп.,А
Начало	Конец	Рр, кВт	Ip, А	Тип	Ин.а., А	Ин.р.,А							
КТП	МЩО	7,51	11,64	ВА51-31	100	50	26,27	651,32	2,64	16	0,04	АВВГнг-5х16	90
МЩО	ГЩО1	6,46	10,01	ВА51-31	100	31,5	63,31	369,13	1,51	4	0,37	АВВГнг-5х4,0	38
МЩО	ГЩО2	1,05	1,62	ВА51-31	100	31,5	58,23	102,68	0,45	4	0,34	АВВГнг-5х4,0	38
КТП	ГЩОа	0,33	0,51	ВА51-31	100	20	7,39	24,30	0,11	4	0,04	АВВГнг-5х2,5	27
ГЩО1	гр.1.1.	1,02	4,73	ВА49-29	63	16	30,60	56,61	1,47	2,5	1,72	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО1	гр.1.2.	1,02	4,73	ВА49-29	63	16	24,99	46,23	1,20	2,5	1,40	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО1	гр.1.3.	1,19	5,52	ВА49-29	63	16	21,66	40,07	1,04	2,5	1,22	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО1	гр.1.4.	1,19	5,52	ВА49-29	63	16	25,94	47,99	1,25	2,5	1,46	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО1	гр.1.5.	1,02	4,73	ВА49-29	63	16	28,05	51,89	1,35	2,5	1,57	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО1	гр.1.6.	1,02	4,73	ВА49-29	63	16	34,07	63,03	1,64	2,5	1,91	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО2	гр.2.1.	0,27	1,26	ВА49-29	63	16	1,12	2,06	0,05	2,5	0,06	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО2	гр.2.2.	0,27	1,26	ВА49-29	63	16	3,45	6,39	0,17	2,5	0,19	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО2	гр.2.3.	0,20	0,95	ВА49-29	63	16	3,46	6,40	0,17	2,5	0,19	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО2	гр.2.4.	0,18	0,83	ВА49-29	63	16	8,98	16,61	0,43	2,5	0,50	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩО2	гр.2.5.	0,12	0,55	ВА49-29	63	16	7,02	12,99	0,34	2,5	0,39	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.1а	0,077	0,35	ВА49-29	63	16	3,44	6,37	0,17	2,5	0,19	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.2а	0,051	0,24	ВА49-29	63	16	1,12	2,08	0,05	2,5	0,06	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.3а	0,051	0,24	ВА49-29	63	16	1,37	2,53	0,07	2,5	0,08	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.4а	0,051	0,24	ВА49-29	63	16	1,00	1,86	0,05	2,5	0,06	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.5а	0,051	0,24	ВА49-29	63	16	0,77	1,42	0,04	2,5	0,04	АВВГнг-3х2,5	19
ГЩОа	гр.6а	0,051	0,24	ВА49-29	63	16	1,44	2,66	0,07	2,5	0,08	АВВГнг-3х2,5	19

Выводы по разделу

В данном разделе произвели электрический расчет, разработали схему питания осветительной сети, определили установленную и расчетную мощность групп осветительной установки, определили места установки щитков освещения, произведен выбор марки проводов, кабелей, способ их прокладки, выбрали аппараты защиты серии ВА. Также выбрали способы управления освещением для основного помещения литейного цеха и вспомогательных помещений.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта был разработан проект электрического освещения литейного цеха и его вспомогательных помещений согласно заданию, были выбраны и рассчитаны:

- источники света общего равномерного освещения. Источником света для основного помещения литейного цеха, вспомогательных помещений, а также аварийного освещения приняли светодиодные светильники. Для литейного цеха выбрали светильник типа Колокол SMD 200W, для вспомогательных помещений – RSL-Industrial-80W, RSL-Industrial-70W/

- нормируемая освещенность, коэффициента запаса для литейного цеха и вспомогательных помещений, согласно варианту заданий, с использованием действующего ТКП 45-2.04-153-2009 и другой методической литературы;

- выбрана высота рабочей поверхности и свеса светильников и схема размещения светильников на плане литейного цеха, подсчитано количество светильников;

- произведен расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока;

- разработано эвакуационное освещение литейного цеха. В качестве аварийного освещения выбран светодиодный светильник марки RSL-Industrial-30W БАП. Режим работы эвакуационного освещения - автоматический, после погасания основного;

- разработана схема питания осветительной установки. Питание электрического освещения осуществляем совместно с силовыми электроприемниками, начиная от РУ-0,4кВ КТП, которое запитано от двух трансформаторов мощностью 400 кВА 10/0,4кВ. Для питания осветительных приборов общего внутреннего освещения используем напряжение 380/220В переменного тока. В литейном цеху выполнена открытая электропроводка кабелем АВВГнг, проложенным по стенам на лотках, а от стен до светильников кабелем, прикрепленным к тросу;

- произвели выбор аппаратов защиты. В качестве защитных аппаратов выбрали автоматические выключатели серии ВА.

- произвели выбор сечения кабеля по допустимой потере напряжения и выполнена проверка по допустимому нагреву расчетным токам и на согласование с защитным аппаратом.

Схема расположения светильников была разработана на основании наилучшего отношения расстояния между светильниками к высоте их свеса, а также с учетом светотехнического расчета.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение		
Разраб.		Мельников А.Ю.					
Провер.		Елкин В.Д.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							
					Лит.	Лист	Листов
						37	38
					ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, г.Минск, 2010.

2. В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич

Электрическое освещение: справочник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич.- Минск : Техноперспектива, 2008.- 271 с.

3. Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров

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.

4. А.Г. Ус, В.Д. Елкин.

Электрическое освещение: практ. пособие к курсовой работе по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43.01.03 «Электроснабжение» и 1-43.01.07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» ч.2 / авт.-сост.: А.Г. Ус, В.Д. Елкин. -Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2005 (М\У 3399).

5. А.Г. Ус, В.Д. Елкин

Электрическое освещение: практ. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост.: А.Г. Ус, В.Д. Елкин. -Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2004. (М/У 3167).

6. Электронный ресурс. Дата доступа 06.09.2021 г. <http://rusalox.ru>.

					КП 1-43 01 03 ЗЭ-31с.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мельников А.Ю.			Список используемых источников	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Елкин В.Д.					38	38
Реценз.						ГГТУ им. П.О.Сухого. Кафедра «Электроснабжение»		
Н. Контр.								
Утверд.								