

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 Реконструкция системы освещения наружной установки цеха по
производству циклогексанона предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

С.А. Багаутдинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Л. Спиридонов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

Квалификационная работа: «Реконструкция системы освещения наружной установки цеха по производству циклогексанона завода ПАО «КуйбышевАзот».

Данная выпускная работа состоит из пояснительной записки, введения, 9 глав, графической части на 6 чертежах формата А1, списка используемой литературы и источников.

Главным вопросом выпускной квалификационной работы является реконструкция устаревшей системы освещения наружной установки цеха по производству циклогексанона.

Целью работы является выбор осветительного оборудования цеха для долгосрочной работы в условиях агрессивной окружающей среды химического предприятия.

В ходе выполнения работы выбрана система освещения наружной установки цеха отвечающая требованиям долговечности работы в агрессивной среде цеха, в соответствии всех норм и правил.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Основная информация об объекте проектирования.....	5
1.1 Существующая система освещения наружной установки.....	7
1.2 Анализ современных систем освещения предприятий химической промышленности.....	10
2. Выбор источника света, вида и системы освещения.....	14
3. Выбор освещённости и типа светильника.....	18
4. Выбор мощности источника света и количества светильников.....	20
5. Определение количества аварийных светильников на наружной установке.....	23
6. Выбор сечения, марки кабеля и способа прокладки.....	24
7. Выбор аппаратов защиты для осветительной сети.....	35
8. Определение типа щитков освещения.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Химические предприятия занимают ведущие роли в сфере промышленности страны. Трудно представить, как человечество обходилось бы без продукции химических заводов, ведь это одежда, детские игрушки, канцелярские принадлежности, различные удобрения, женская косметика, ракетное топливо и многое другое.

Современный химический завод представляет собой сложное предприятие, занимающее большую площадь и имеющее определенное количество корпусов, которые должны быть освещены в соответствии с нормами определенными для каждого помещения или площадки.

Освещение наружных установок цехов особенно проблематично, так как имеется большое количество трубопроводов, кабельных трасс, механизмов и аппаратов, к тому же агрессивная среда, которая возникает из-за естественных выбросов и паров различных веществ негативно сказывается на сроке службы системы освещения. Также на параметры системы освещение влияет необходимость взрывозащищенного исполнения осветительной установки, так как при случайном разливе продукта из трубопровода имеется вероятность попадания на токоведущие элементы светильника через щели в конструкции.

В наше время применение энергосберегающих ламп запрещено, так как при разгерметизации стеклянного корпуса высвобождаются пары ртути, что является вредным для организма человека фактором, в соответствии, с чем в данной научно исследовательской работе будет рассматриваться вариант с диодными лампами. Диодные лампы постепенно вытесняют остальные виды ламп вследствие более высокого показателя экономичности, срока службы и безвредности для человека в случае перегорания.

Целью данной работы является выбор оптимальных параметров освещенности, срока службы и взрывозащиты системы освещения наружной установки цеха в условиях агрессивной окружающей среды завода.

1 Основная информация об объекте проектирования

Специфика цеха

Специфика цеха заключается в переработке продуктов бензола и фенола, но основная цель получение циклогексанона (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Циклогексанон.

Циклогексанон – органическое соединение, химическая формула $C_6H_{10}O$, жидкость маслянистая, не имеет цвета с запахом мяты и ацетона, является сырьем для производства синтетических полиамидов[1].

Цех состоит из одного корпуса разделенного на два блока – блок «А» и блок «Б» и наружной установки, генплан представлен в приложении (рис. 1).

Блок «А» отвечает за процесс окисления циклогексана – способ получения циклогексанона. Окисление циклогексана один из наиболее распространенных методов получения циклогексанона, который является основным полупродуктом при реакции синтеза капролактама.

Блок «Б» отвечает за процесс омыления – раствор едкого натра нейтрализует органические кислоты. Процесс омыления выполняется непосредственно после отгонки циклогексана.

На наружной установке цеха размещены разделительные сосуды, а также реакторы окисления и омыления.

Получаемый циклогексанон посредством трубопроводов поставляется в цех по производству капролактама.

Капролактама – циклический амид ϵ -аминокапроновой кислоты, химическая формула $C_6H_{11}NO$, представляет собой белые кристаллы, является сырьем для получения капрона, полиамидных нитей [2].

Электроснабжение цеха

Электроснабжение цеха осуществляется с главной понизительной подстанции ГПП – 110/6 кВ, выполненное кабельными линиями 6 кВ и проложенными в специальных траншеях до вводного устройства распределительной установки РУ – 6 кВ. Далее с масляных выключателей ВМГ – 10 – 20 – 1000А кабельными линиями осуществляется питание комплектной трансформаторной подстанции цеха КТП – 6/0,4 кВ. Так как цех является крупным потребителем электроэнергии и имеет I категорию по надежности электроснабжения [3], КТП – двухтрансформаторная.

Трансформаторы запитаны независимо друг от друга с разных ячеек РУ – 6 кВ, что в случае аварийного отключения одного трансформатора позволяет оставаться в работе другому, а при срабатывании автоматического ввода резерва АВР, позволяет питать обе секции шин с исправного трансформатора через секционный выключатель.

Питание с трансформаторов поступает на вводные автоматические выключатели, которые в свою очередь питают распределительные щиты РЩ и распределительные пункты РП. Далее с распределительных щитов РП питание поступает на пускозащитную аппаратуру потребителей электроэнергии. Питание от пускозащитной аппаратуры РП до позиции потребителя электроэнергии цеха осуществляется кабельными линиями, расположенными в специальных галереях.

К основным крупным потребителям электроэнергии цеха относятся электродвигатели насосов, предназначенные для перекачки продукта синтеза, также электродвигатели компрессоров, мешалок, вытяжек, приточек, электрозадвижек и дренажные.

Цех обслуживается ремонтной бригадой состоящей из 6 электромонтеров, а также двумя электромонтерами из числа оперативного персонала.

Схема электроснабжения цеха представлена в приложении (рис. 2).

1.1 Существующая система освещения наружной установки

Технические характеристики оборудования подлежащего реконструкции

В цехе по производству циклогексанона на данный момент рабочей системой освещения является старая разработанная еще во времена СССР установка. Представляет такая установка из себя металлическую трубную разводку с распределительными коробками и питающим кабелем внутри и светильники типа ВЗГ 200 показанные на рисунке 1.1.1.



Рисунок 1.1.1 – Светильник типа ВЗГ 200.

Технические характеристики светильников типа ВЗГ 200: габариты – 235*465, масса – 6,6 кг, материал корпуса алюминиевый сплав, источник света лампа накаливания мощностью до 200 Ватт, монтаж – индивидуальное (транзитное) подключение, крепление на трубу $\frac{3}{4}$ дюйма или подвес (рым-болт),

Степень защиты – IP65 (защита от проникновения пыли и влаги):

6 – Полная защита от проникновения пыли и случайного проникновения.

Пыль не может попасть в устройство.

5 – Защита от попаданий струй воды, падающих под любым углом. Вода в случае попадания на оболочку в виде струй не должна оказывать вредного воздействия на оборудование.

Маркировка взрывозащиты 1Ex d IIВ Т4 Gd:

1– Взрывобезопасное электрооборудование: взрывозащищенность обеспечивается как при нормальных режимах работы, так и при вероятных повреждениях, зависящих от условий эксплуатации, кроме повреждения средств, обеспечивающих взрывозащищенность.

Ex – Знак соответствия стандартам взрывозащиты.

D – Взрывонепроницаемая оболочка, в данном виде взрывозащиты электротехническое оборудование помещают в достаточно прочную оболочку, которая способна выдерживать внутренний взрыв без деформации корпуса. Взрывозащита данного вида обеспечивается определенными зазорами элементов корпуса, которые в свою очередь обеспечат выход газов, образовавшихся при вспышке во внешнюю среду без подрыва взрывоопасной среды.

IIВ – Категория взрывоопасности смеси, где энергия поджига 60 - 180 мкДж.

К данной категории относится электрооборудование, которое применяется для работы в условиях возможного образования промышленных смесей пыли и газов.

T4 – Температурный класс электрооборудования, определяется предельной температурой измеряемой в градусах Цельсия, которую при нормальном режиме работы могут иметь поверхности взрывозащищенного оборудования. Температура самовоспламенения смеси 135-200 °C.

Gb – Зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации. Электрооборудование с данным уровнем взрывозащиты должно обеспечивать надлежащую защиту, как при нормальном режиме эксплуатации, так и при ожидаемых неисправностях оборудования.

Категория климатического исполнения УХЛ-1:

УХЛ - умеренный и холодный климат, с температурой окружающей среды - 60...+40 градусов Цельсия.

1 - размещение оборудования на открытом воздухе.

Проблемы действующей системы освещения

Основная проблема данной системы освещения в устаревшем морально и физически оборудовании, вследствие многолетнего воздействия на металлические части трубной разводки питающего кабеля, а также на взрывозащищенные светильники агрессивной окружающей среды, что привело к возникновению коррозии на резьбовых соединениях.

Коррозия привела к блокировке крышек распределительных коробок и плафонов светильников, а значит, в случае короткого замыкания и иных возникших неполадках оперативный персонал не сможет добраться до места возникновения неполадки, не нарушив при этом взрывозащиту трубной разводки. К тому же существует определенный риск, когда в случае неполадки в системе освещения, наружная установка цеха может остаться без освещения.

Дополнительной проблемой является то, что для светильников ВЗГ 200 разрешено применять только лампы накаливания, которые имеют малый срок службы и низкий КПД по сравнению с диодными, в связи, с чем не обеспечивается необходимый уровень освещенности при постоянно растущем количестве оборудования. В связи с этим образуются затененные участки на наружной установке цеха, что в свою очередь может стать причиной аварийных ситуаций и несчастных случаев с персоналом цеха.

Также при реконструкции системы освещения наружной установки цеха удастся решить и ряд других проблем, таких как избыточное потребление электроэнергии, осветительной установкой, ввиду перехода с ламп накаливания на светодиодные, у которых потребление электроэнергии сравнительно небольшое. Так как лампы накаливания имеют в сравнении со светодиодными лампами короткий срок службы, при переходе на светодиоды удастся уменьшить количество ремонтных работ по замене вышедших из строя ламп, что в свою очередь позволит более рационально использовать рабочее время электромонтеров.

1.2 Анализ современных систем освещения предприятий химической промышленности

В данный момент взрывозащищенные светодиодные светильники стремительно вытесняют аналогичные светильники с лампами накаливания и энергосберегающими лампами, ввиду не только лучших технических характеристик, но и экономичности.

На современном рынке представлено огромное количество взрывозащищенных светодиодных светильников, которые различаются по техническим характеристикам и уровням защиты [4].

Многие производители светодиодных светильников применяют корпуса из алюминия, которые сделаны путем экструзии) [5], (получение изделий с помощью продавливания вязкого расплава через формирующее отверстие), которые в основном не подходят для взрывоопасных объектов. Для производителей это более дешевый и быстрый способ создания взрывозащищенных светильников. То же самое касается и материала, из которого сделано защитное стекло.

Надежнее во взрывоопасных зонах использовать светодиодные светильники, корпуса у которых сделаны с помощью литья алюминия под давлением. Например, у светодиодных светильников серии ДСП Premium [6] (Рисунок 1.2.1) корпус изготовлен путем литья из коррозионностойкого модифицированного алюминиевого сплава, не содержащего меди. Такие корпуса обладают наибольшей устойчивостью к взрывам и агрессивным средам химических предприятий, что является одним из главных критериев выбора светильников.

Для защиты от коррозии на корпуса наносят специальный антистатический полимерно-эпоксидный материал [7], который в то же время придает изделию более эстетически привлекательный внешний вид, стоимость светодиодных светильников компании ДСП Premium находится в среднем ценовом сегменте.



Рисунок 1.2.1 – Взрывозащищенный светодиодный светильник ДСП Premium

Компания Philips представила светодиодный взрывозащищенный светильник Philips SolidGuard [8] (рисунок 1.2.2), который подходит для применения во взрывоопасных зонах 1,2,21 22. Малый вес, гибкое крепление и энергоэффективность позволяет применять данный светильник в производственных помещениях химической и нефтехимической промышленности. Светильник может применяться для общего и акцентного освещения, а конструкция позволяет достаточно просто развернуть светильник в нужном направлении. Данный тип светильника показывает стабильную работу при широком диапазоне температур от - 40 до + 60 градусов по Цельсию.

По энергоэффективности светильник превосходит аналогичные решения многих производителей, в том числе ВЗГ 200, но стоимость светильника очень высокая.



Рисунок 1.2.2 – светодиодный взрывозащищенный светильник Philips SolidGuard

Достаточно надежным является взрывозащищенный светодиодный светильник FERREKS FHB [9] (рисунок 1.2.3), предназначен для освещения производственных и промышленных объектов, складских помещений, в зонах опасных по воспламенению газоздушных горючих смесей, в зонах опасных по воспламенению горючей пыли, применяется в цехах производства карбамида ПАО «КуйбышевАзот». Стоимость светильников такого типа находится в среднем диапазоне цен.



Рисунок 1.2.3 – взрывозащищенный светодиодный светильник FERREKS FHB

Надежным и достаточно качественным является светодиодный взрывозащищенный светильник НСП57М Д-30 УХЛ1 [10] (рисунок 1.2.4), предназначенный для применения на предприятиях нефтяной, нефтехимической, химической, газовой, лакокрасочной, текстильной, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности. Светильник предназначен для установки на трубную консоль. Состоит из двух частей – колпака и корпуса. Корпус отлит из коррозионностойкого сплава алюминия. Колпак отлит из боросиликатного стекла и герметично закреплен в металлическом кольце. Составной частью корпуса является вводная коробка, предназначенная для монтажа светильника к питающей сети.

Преимущества данного светильника в низкой стоимости по сравнению с другими, светопропускающие элементы из ударопрочного стекла,

мгновенное включение при достаточно низких температурах, ресурс работы светодиодов 100000 часов, высокая светоотдача.



Рисунок 1.2.4 – светодиодный взрывозащищенный светильник
НСП57М Д-30 УХЛ1

Анализируя вышесказанное, делаю вывод, что при сооружении осветительных сетей наружных установок химических предприятий основное предпочтение отдают светильникам со светодиодными лампами, ввиду их высокой экономичности, достаточно долгого срока службы и более мощного светового потока по сравнению с лампами накаливания и газоразрядными лампами.

Основными критериями выбора взрывозащищенных светодиодных светильников являются: необходимый уровень взрывозащиты, материал, из которого изготовлен корпус светильника, качество стекла из которого изготовлен колпак светильника, материал, наносимый для защиты от агрессивных условий окружающей среды, вид смазочного материала для резьбовых соединений трубной проводки кабеля, колпаков светильников и крышек распределительных коробок.

Также при выборе нужно учитывать возможность размещения светильников при определенных условиях (установка на трубу с резьбой, установка на крючке, установка под углом), простота установки, монтажа и эксплуатации светильника, цена светильника.

2 Выбор источника света, вида и системы освещения

Выбор источника света

Источник света – объект, который излучает электромагнитную энергию в видимой области спектра [11].

Производственные помещения многих предприятий могут иметь низкую естественную освещенность, у большинства наблюдается наличие агрессивных газов, пыли, иногда самовозгораемой, низкий коэффициент отражения окружающего пространства, повышенная влажность.

Освещение корпусов может быть проблематично в связи с большим количеством трубопроводов, кабельных трасс, различных механизмов и аппаратов устанавливаемых при расширении производственных площадей или модернизации. В этой связи появляются определенные затененные участки с недостаточным освещением.

Выбор источника света для наружных установок промышленных установок регламентируется [12].

При определении источника света главными факторами являются: потребляемая мощность, светоотдача, срок службы, также важна цветопередача и экономичность. В таблице 2.1 приведены основные характеристики таких источников света как газоразрядная лампа, лампа накаливания и светодиодная лампа.

Таблица 2.1 – Основные характеристики источников света.

<i>Тип источников света</i>	<i>Светоотдача (лм/Вт)</i>	<i>Срок службы</i>	<i>Мощность, Вт</i>
<i>Лампы накаливания</i>	<i>13,8</i>	<i>1000 часов</i>	<i>20-200</i>
<i>Газоразрядная лампа</i>	<i>83</i>	<i>10000 часов</i>	<i>100</i>
<i>Светодиодная лампа</i>	<i>120</i>	<i>30000-50000 часов</i>	<i>30</i>

Применяемые в существующей системе освещения лампы накаливания не обеспечивают достаточный уровень освещенности, к тому же имеет место достаточно короткий срок службы.

Неплохие характеристики по сравнению со светодиодами имеют газоразрядные лампы ДНаТ (Дуговые Натриевые Трубочатые) могут работать в широком диапазоне температур от -60 до $+40$ °C, высокий КПД, стабильный поток света, сравнительная схема с границами распределения освещенности представлена в приложении (рис. 3). Но имеются и недостатки: при нарушении целостности трубки высвобождают пары ртути, из-за чего лампы такого типа вредны для здоровья человека, к тому же не исключена возможность взрыва лампы, имеет место долгое включение, диодные лампы лишены данных недостатков.

В этой связи будут рассмотрены взрывозащищённые светильники с диодными лампами, которые имеют высокий КПД, хорошую цветопередачу, большой срок службы и абсолютно безвредны по сравнению с газоразрядными лампами.

Принцип свечения светодиодных ламп основан на появлении светового потока при соприкосновении в определенной точке двух разнородных веществ, после пропуска через них электрического тока [14].

На рисунке 2.1 изображена светодиодная лампа.



Рисунок 2.1 – Светодиодная лампа.

Выбор вида освещения

На промышленных предприятиях одной из важных задач является выбор вида освещения.

В зависимости от источника света различают следующие виды освещения: естественное, искусственное и совмещенное [15].

Естественное освещение – это свет, проникающий в помещение через световые проемы в стенах или через проемы в кровле.

Искусственное освещение (электрическое) выполняется для определенного типа задач и подразделяется на рабочее, аварийное, охранное, дежурное и эвакуационное.

На предприятиях химической промышленности рабочее освещение предназначено для работы, прохода людей и движения транспорта, устанавливается в корпусах и наружных установках.

Аварийное освещение предназначено на случай возможного нарушения нормального режима работы оборудования, вследствие выхода из строя рабочего освещения, устанавливается в каждом корпусе цеха, в том числе на установках наружного освещения.

Охранное освещение предназначено для территорий находящихся под контролем, устанавливается по периметру.

Дежурное освещение используется в нерабочие дни и ограничено нормативными рамками.

Эвакуационное освещение предназначено для отвода людей с рабочих мест, при аварийном отключении основного освещения.

Совмещенное освещение применяется при недостающем естественном освещении и дополняется электрическими источниками света.

Так как наружная установка цеха расположена вне корпуса и освещается днём солнечным светом, выбираю вид освещения – совмещенный с добавлением искусственного освещения в виде рабочего и аварийного освещения.

Выбор системы освещения

На промышленных предприятиях от выбора системы освещения зависит комфортность и качество выполняемых работ.

Системы освещения разделяются на два типа – общее, и комбинированное [16].

При общем освещении рабочие места освещаются от общей осветительной установки. В общем освещении различают два способа размещения светильников: локализованное и равномерное.

Общее равномерное освещение предполагает неизменное расстояние между светильниками в каждом ряду и между рядами.

Общее локализованное освещение зависит от расположения оборудования, место установки каждого светильника определяется из соображения оптимального направления светового потока. Так как месторасположение оборудования наружной установки достаточно часто изменяется, данная система освещения не подходит.

При добавлении к общему освещению местного, сосредотачивающего световой поток на рабочих местах, такое освещение называется комбинированным.

Так как на наружной установке цеха не выполняются точные зрительные работы, а имеет место высокая плотность расположения оборудования, на котором выполняются однотипные работы, к установке принимаю систему общего равномерного освещения.

К положительным сторонам такой системы можно отнести:

1. При высокой плотности расположения оборудования не требуется изменение направления света.

2. При изменении месторасположения оборудования, уровень освещенности по всей площади одинаковый.

3. Данная система хорошо подходит для производственных помещений, в которых выполняются однотипные работы.

3 Выбор освещенности и типа светильника

Выбор типа светильников

При выборе типа светильника должны быть учтены основные определяющие факторы: 1. Условия окружающей среды. 2. Строительная характеристика помещения. 3. Требования к качеству освещения.

Выбор определенного типа светильника осуществляется по светораспределению, конструктивному исполнению и экономическим соображениям при этом необходимо обеспечить удобный доступ к светильникам для обслуживания, безопасность, обеспечение нормированной освещенности при низких затратах, качество освещения, удобство монтажа и надежность крепления светильников.

Для наружной установки освещения цеха выбираю светильник типа НСП57М Д-30 УХЛ1 рассмотренный в пункте 1.2. данной ВКР, светильник отвечает всем требованиям, в том числе уровню взрывозащиты и что явилось определяющим – ценовой политике предприятия.

Общие технические характеристики светильника НСП57М Д-30 УХЛ1:

1. Параметры питающей сети – напряжение: 180 – 250 , Частота: 50 Гц.
2. Коэффициент мощности – 0,95.
3. Класс защиты от поражения электрическим током – I.
4. Группа условий эксплуатации М2.
5. Степень защиты от внешних воздействий IP65/IP67.
6. Масса 4,4 кг.
7. Срок службы 10 лет.
8. Диапазон рабочих температур от -60 до +40°с (УХЛ1 – умеренный и холодный климат).
9. Маркировка взрывозащиты 1Ex d IIВ Т6 Gb.
10. Тип лампы – светодиодная.
11. Монтаж производится трехжильным круглым кабелем, сечением жил не более 2,5 мм².

Выбор освещенности

Важное влияние на производительность труда рабочих предприятия и их безопасность оказывает освещение.

От выбора освещенности зависит здоровье и общее самочувствие, сон, работа внутренних органов, иммунитет, работа нервной и дыхательной систем человека. Ввиду чего к выбору освещенности нужно подходить особо строго.

Освещенность – величина света, равная отношению светового потока, падающего на определенный участок поверхности, к его площади [17].

Освещенность нормируется согласно предписаниям [18], утвержденных на законодательном уровне. Для каждого вида помещений промышленных предприятий устанавливается норма освещенности в зависимости от характера выполняемых работ и плотности расположения оборудования.

Уровень освещенности измеряется в люксах (Лк), 1 люкс означает освещение 1 м² одним люменом. Для измерения уровня освещенности применяют люксметр [19].

Для определения разряда зрительной работы нужно определить наименьший размер объектов различения для технологических операций, которые наиболее характерны на месте, где предполагается сооружение осветительной установки.

Подразряд работ определяется по отражающим свойствам объекта различения и фона, на котором объект рассматривается.

На территории наружной установки цеха выполняются однотипные работы, проводится наблюдение за ходом производственного процесса при характере зрительной нагрузке соответствующей разряду VIIIб, для которого предписан уровень освещенности 75 лк.

В соответствии с этим принимаю уровень освещенности для наружной установки равный 75 лк.

4 Выбор мощности источника света и количества светильников

Определение количества светильников

Размеры наружной установки цеха $25 \times 20 \times 4$ м. В качестве источника света использую светодиодную лампу с коэффициентом запаса $k_3 = 1,1$ [20]. В светильнике НСП57М Д-30 УХЛ1 равномерное светораспределение, зона направления максимальной силы света $0-90^\circ$. Принимаю оптимальное расстояние между светильниками $L = 3$ метра.

Расчетная высота h , м определяется по выражению:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1,2 - 0,8 = 2 \text{ м.}$$

где H – высота помещения, м.; h_p – высота расчетной поверхности, м.; h_c – высота свеса светильников, м.

Для светильника НСП57МД-30, имеющего равномерную кривую силы света (буква «М» в обозначении), определяю значение λ_ε – относительное наивыгоднейшее расстояние между светильниками, и определяю из выражения $\varepsilon = L_a / h$ расстояние между светильниками L_a , м.

$$L_a = \varepsilon \cdot h = 2,6 \cdot 2 = 5,2 = 5 \text{ м.}$$

Намечу число светильников в ряду:

$$n_a = 1 + \frac{A}{L_a} = 1 + \frac{25}{5} = 6 \text{ шт.}$$

Так как на наружной установке нет торцевых стен перейду к расчету расстояния между рядами L_b , при этом следует учесть условие: $L_a / L_b \leq 1,5$.

Приму $L_b = 4$ м:

$$L_a / L_b = 5 / 4 = 1,25 \leq 1,5.$$

Расстояние от боковой стены до крайнего светильника:

$$L_b = (B - L_b(n_b - 1))/2 = (25 - 4(5 - 1))/2 = 4,5 \text{ м.}$$

где n_b – число рядов светильников.

Число светильников на наружной установке:

$$N = n_a \cdot n_b = 6 \cdot 5 = 30 \text{ шт.}$$

Принимаю к установке светильники НСП57МД-30 в количестве 30 шт.

Выбор мощности источника света

Выбор мощности источника света заключается в определении необходимой мощности для обеспечения нормированной освещенности. Выполнив расчет, станет известен световой поток источника света, установленного в светильнике, по которому выбирается ближайшая стандартная лампа.

На практике отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного значения находится в пределах 10-20 %.

Расчеты ведутся тремя наиболее распространенными методами: Точечный метод, метод удельной мощности и метод коэффициента использования светового потока.

Для светотехнических расчетов воспользуюсь методом коэффициента использования светового потока.

Определяю индекс наружной установки:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{25 \cdot 20}{4 \cdot (25 + 20)} = 2,77.$$

где h – высота наружной установки;

A – длина наружной установки;

B – ширина наружной установки.

По таблице 4 принимаю коэффициенты отражения стены, потолка и рабочей поверхности $\rho_c = 50 \%$, $\rho_{\text{п}} = 30 \%$, $\rho_p = 10 \%$.

где ρ_c – коэффициент отражения от стены;

$\rho_{\text{п}}$ – коэффициент отражения от пола;

ρ_p – коэффициент отражения от рабочей поверхности.

Далее из таблицы 6 определяю коэффициент использования светового потока $\eta = 0,63$.

Определяю расчетный световой поток светильника при $E = 75$ лк, $k = 1,1$:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_{\text{зап}} \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 20 \cdot 25 \cdot 1}{30 \cdot 0,63} = 2182 \text{ лм.}$$

где E - уровень освещенности;

N – количество светильников;

η - коэффициент использования светового потока;

S – площадь наружной установки;

k_3 – коэффициент запаса для светодиодных светильников;

z – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения.

Выбираю светодиодную лампу компании «Volpe» (рисунок 4.1) ввиду низкой стоимости, мощностью светового потока $\Phi_{\text{ном}} = 2400$ лм, $\Phi_{\text{ном}}$ отличается от Φ в пределах (-10...+20%) что удовлетворяет требованиям расчета.



Рисунок 4.1 - лампа компании «Volpe».

Технические характеристики лампы:

1. Цоколь E27,
2. Цвет свечения 3000к,
3. Напряжение 230 В,
4. Мощность 30 Вт,
5. Световой поток 2400 лм,
6. Диапазон рабочих температур от – 30 до + 40 градусов Цельсия,
7. Срок службы 25000 часов,

Схема размещения светильников после реконструкции приведена в приложении (рис. 4).

5 Определение количества аварийных светильников на наружной установке

Аварийное освещение, предназначено для создания необходимого уровня освещенности при нарушении питания рабочего освещения. Данный вид освещения обязан обеспечить на рабочих местах освещенность не менее 5% от нормы, установленной для рабочего освещения. Светильники аварийного освещения отличаются от светильников рабочего освещения размерами или специальными знаками опознавания [21].

Согласно [22] для аварийного освещения допускается применение светодиодных ламп, проведем расчет аварийного освещения с применением светодиодных ламп.

Норма освещения наружной установки цеха $E = 75$ лк, соответственно для аварийного освещения 5% от 75 лк = 3,75 = 4 лк; для аварийного освещения выбираю светильники НСП57; светодиодную лампу мощностью 30 Вт, мощностью светового потока $\Phi_{\text{ном}} = 2400$ лм, коэффициент запаса для светильников $k_3 = 1,1$; z – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения 1; коэффициент использования светового потока $\eta = 0,63$.

Определим количество светильников, необходимое для создания нормируемой освещенности в аварийной ситуации:

$$N_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}} \cdot F \cdot k_3 \cdot z}{\Phi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{св}}} = \frac{4 \cdot 500 \cdot 1,1 \cdot 1}{2400 \cdot 0,63} = 1,45 = 2 \text{ шт.}$$

Для равномерного распределения светильников аварийного освещения принимаю к установке 4 светильника НСП57 со светодиодными лампами «Volpe», мощностью светового потока $\Phi_{\text{ном}} = 2400$ лм, с потребляемой мощностью 30 Вт.

Светильники аварийного освещения не имеющие каких-либо опознавательных отличий от светильников рабочей группы и других видов светильников, обозначаются на корпусе буквой «А» (аварийные), либо помечаются красной краской для различия со светильниками рабочего освещения.

6 Выбор марки, способа прокладки и сечения кабеля

Выбор марки кабеля

Электрический кабель – конструкция из изолированных друг от друга оптических волокон или проводников, заключенных в оболочку, предназначен для передачи электроэнергии от источника питания к потребителю.

Кабель имеет одну или более изолированных жил, покрытых, как правило, металлической или неметаллической оболочкой, поверх которой может иметься защитный покров, в который может входить броня [23].

В сетях освещения промышленных предприятий, применяются провода и кабели с медными и алюминиевыми жилами. Алюминиевые кабели достаточно легкие и недорогие по сравнению с медными, в свою очередь медные имеют меньшее сопротивление и более гибкие жилы в сравнении с алюминиевыми.

Марка кабеля осветительной сети определяется в соответствии с условиями окружающей среды.

Наружная установка цеха относится к зоне В-Іг по взрывоопасности.

Зона В-Іг: пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п. [24].

Согласно [25] для зон класса В-Іг использую кабель с медными жилами, в соответствии с этим далее буду рассматривать кабели с медными жилами.

Токоведущие жилы электрического кабеля разделяются на два типа – многопроволочный и монолитный. Многопроволочный кабель предназначен к установке в условиях, в которых необходима гибкость токоведущих жил, например, при больших сечениях кабеля. Монолитный кабель хорошо

зарекомендовал себя на относительно небольших размерах сечения, в том числе при монтаже осветительных установок, ввиду того что в многопроволочном кабеле при небольшом сечении жилы достаточно хрупкие и имеют свойство переламываться. Так как при монтаже осветительных установок применяются кабели с относительно небольшим сечением, к установке принимаю монолитный (гибкий) кабель марки ВВГнг.

Кабель марки ВВГнг (рисунок 6.1) является наиболее востребованным среди медных кабелей благодаря своим техническим характеристикам, расшифровка маркировки следующая:

В - изоляция жил из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности;

В - оболочка из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности;

Г - отсутствие защитных покровов;

нг - не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, низкие показатели дыма и газовой выделений при горении и тлении.



Рисунок 6.1 – Кабель ВВГнг

Для сетей рабочего и аварийного освещения принимаю кабель ВВГнг, количество жил – 3 (L – фазный, N – нулевой рабочий, PE – нулевой защитный). Для рабочих и аварийных распределительных сетей выбираю кабель ВВГнг с количеством жил – 5 (L_1 , L_2 , L_3 – фазные, N – нулевой рабочий, PE – нулевой защитный).

Способ прокладки кабеля

Способы выполнения сетей освещения зависят от расположения, окружающей среды и назначения. Способ прокладки должен обеспечить надежность, долговечность, экономичность, электробезопасность, пожарную безопасность, удобство эксплуатации и эстетичность.

По виду размещения электропроводка освещения цеха является наружной, так как прокладывается по внешним стенам корпуса, данный вид размещения является оптимальным из-за большого количества технологических трубопроводов проложенных в земле.

По способу прокладки кабеля электропроводка освещения цеха является скрытой, так как проложена в стальных трубах, что обеспечивает защиту кабеля от механических повреждений, сырости, химически активных газов и взрывоопасных смесей, которые могут возникнуть на наружной установке. Ввиду того что, существующий вид и способ прокладки питающей электропроводки является оптимальным, изменения не требуются.

В соответствии с [26], для питания наружного освещения промышленных предприятий рекомендуется прокладывать самостоятельные линии. Питание освещения наружной установки осуществлю следующим образом: линию рабочего освещения запитаю с РЩ1 (распределительный щит) расположенного в РП (распределительный пункт) цеха, питание линии аварийного освещения буду осуществлять с РЩ2 данного РП. Так как РЩ1 и РЩ2 данного РП запитаны с разных трансформаторов двухтрансформаторной КТП – 6/0,4 кВ (комплектная трансформаторная подстанция), обеспечивается раздельное питание рабочей и аварийной линий. Для линий ЩУ (щит управления) рабочего и ЩУ аварийного освещения до ШНО (шкаф наружного освещения) и ЩАО (щит аварийного освещения) принимаю способ прокладки кабеля – стальными трубами в земле и от ШНО и ЩАО до светильников освещения способ прокладки кабеля – в стальных трубах в воздухе.

Взрывозащищенное оборудование для трубной проводки

Взрывозащищенное оборудование для трубной проводки должно состоять из коррозионностойких материалов.

Взрывозащищенные соединительные коробки под трубную проводку предназначены для соединения и ответвления проводки, гибких или бронированных кабелей, в электросетях переменного и постоянного тока, прокладываемых во всех взрывоопасных зонах химической, газовой, нефтяной и других отраслях промышленности [27].

Коробки должны обеспечить доступ к проводам в случае необходимости на протяжении многих лет, в связи с этим важен материал из которого изготовлена коробка, покрытие (антикоррозийное), наличие взрывозащищенного исполнения, немаловажна и стоимость.

Выбираю к установке взрывозащищённые коробки СКВ (рисунок 6.2), [28], материал изготовления распределительных коробок позволяет применять их в особо агрессивных средах.



Рисунок 6.2 – Взрывозащищённая коробка СКВ.

Для всех резьбовых соединений трубной разводки обязательно применение смазочных материалов [29]. Тонкий слой смазочного материала должен изолировать поверхность металла от действия коррозионно-агрессивных компонентов внешней среды, которые способны проникать через верхний слой.

Химически стойкая смазка ЦИАТИМ-205 [30], применяется для смазки резьбовых и контактных соединений и уплотнений, работающих в агрессивных средах. Данная смазка обеспечит надежную защиту резьбовых соединений трубопровода от коррозии.

Выбор сечения кабеля

Расчет сети освещения необходим для определения сечений проводников питающей и групповой сети. Расчетное сечение жил должно удовлетворять условиям по механической прочности, нагрева проводника и потери напряжения.

Согласно [31], есть ряд требований предъявляемых электропроводке:

А) Для трехфазных сетей при питании по ним однофазных нагрузок сечение нулевой рабочей жилы N во всех случаях должно быть равно сечению фазных, если фазные жилы имеют сечение до 16 мм^2 по меди. При сечениях фазных жил больше 16 мм^2 , нулевой рабочий должен быть не менее 50 % от сечения фазных.

Б) Для групповой сети однофазных линий не допускается объединять нулевой рабочий N и защитный PE с целью образования PEN проводника.

В) Для подключения нулевого рабочего N и защитного PE в щитках освещения должны быть выполнены отдельные шинки N – изолированная и PE - неизолированная. Запрещается подключение нулевого рабочего N и защитного PE проводников под один зажим.

Г) Сечение защитного проводника PE должно быть равно сечению фазных, при сечении фазных до 16 мм^2 , 16 мм^2 при сечении фазных от 16 до 35 мм^2 , при больших фазных сечениях - не менее 50 % от них.

Так как были приняты к установке 30 светильников (5 рядов по 6 светильников в каждом) разделю их на 5 групп по 6 светильников в каждой группе, мощность одной группы $6 \times 30 \text{ Вт}$. Электрическая сеть однофазная трехпроводная (L – фазный, N – нулевой рабочий, PE – нулевой защитный). Напряжение групповой сети 220 В, провода проложены в металлических трубах. Коэффициент спроса освещения $K_c = 0,95$ [32].

Для распределительной сети напряжение 380 В, электрическая сеть трехфазная пяти проводная (L_1, L_2, L_3 – фазный, N – нулевой рабочий, PE – нулевой защитный).

1. Рассчитаю сечение жил для первой группы сети рабочего освещения:

1) Выбор сечений жил по механической прочности.

Для соблюдения требования механической прочности, при выборе сечения медных жил необходимо соблюдать условие: наименьшее сечение жилы не менее $1,5 \text{ мм}^2$.

Предварительно выбираю кабель с количеством жил и сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Далее проверю выбранный кабель по допустимому нагреву.

2) Выбор сечения проводов по нагреву.

Сечение жилы выбирается по условию:

$$I_i \geq I_p / K_i,$$

где I_i – допустимый ток на стандартное сечение провода, А;

I_p – расчетное значение длительного тока нагрузки, А;

K_i – поправочный коэффициент на условия прокладки определяется по [33] принимаю равный 1,

Расчетное значение длительного тока нагрузки для однофазной сети определяю по формуле:

$$I_p = P_p / U_c \cdot \cos \varphi = \frac{180}{220 \cdot 0,95} = 0,86 \text{ А},$$

где P_p – суммарная мощность светильников одной группы, $P_p = \sum P_c$, кВт;

U_c – напряжение групповой сети, В;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности для светильников со светодиодными лампами.

По [34] определяю допустимый ток для ранее выбранного кабеля сечением $1,5 \text{ мм}^2$ с учетом его прокладки в трубе и подставим в условие:

$$15 > 0,86 \text{ А}.$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию.

Проведу проверку выбранного кабеля по потере напряжения:

3) Расчет сети по потере напряжения.

Согласно [35] допустимая потеря напряжения у источников света промышленных предприятий $\Delta U = 5 \%$, зная допустимую потерю напряжения, определяю сечение токоведущей жилы:

$$S_i = \frac{M}{c\Delta U} = \frac{P_i \cdot l_i}{c\Delta U} = \frac{0,18 \cdot 25}{12,1 \cdot 5} = 0,074 \text{ мм}^2,$$

где M – момент нагрузки, (кВт · м);

l_i – длина групповой линии, (м);

c – значение зависящее от номинального напряжения и материала кабеля, для групповой линии $c = 12,1$;

Для предварительно выбранного сечения кабеля определяю фактическую потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{M}{cS} = \frac{0,18 \cdot 25}{12,1 \cdot 1,5} = 0,25\%,$$

что соответствует требованию, $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$,

Проведу проверку выбранного кабеля по таблице моментов:

$$M_i = P_i l_i = 0,18 \cdot 25 = 4,5 \text{ кВт} \cdot \text{м} \leq M = 90 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Данный кабель удовлетворяет условию проверки.

Для первой группы светильников рабочего освещения принимаю к установке кабель сечением $1,5 \text{ мм}^2$.

Аналогично определяю сечение кабеля для остальных групп и занесу в таблицу 6.1.

2. Рассчитаю сечение жил для сети аварийного освещения:

Так как для аварийного освещения были приняты 4 светильника, разделим их на две группы, в каждой группе по 2 светильника, что в случае неисправности одной из групп позволит работать другой.

1) Выбор сечений жил по механической прочности.

Для соблюдения требования механической прочности, при выборе сечения медных жил необходимо соблюдать условие: наименьшее сечение жилы не менее $1,5 \text{ мм}^2$. Предварительно выбираю электрический кабель с количеством жил и сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Далее проверяю выбранный кабель по допустимому нагреву.

2) Выбор сечения проводов по нагреву.

Сечение жилы выбирается по условию:

$$I_i \geq I_p / K_i,$$

где I_i – допустимый ток на стандартное сечение провода, А;

I_p – расчетное значение длительного тока нагрузки, А;

K_i – поправочный коэффициент на условия прокладки определяется по [33],

Расчетное значение длительного тока нагрузки для однофазной сети определяю по формуле:

$$I_p = P_p / U_c \cdot \cos \varphi = \frac{60}{220 \cdot 0,95} = 0,287 \text{ А},$$

где P_p – суммарная мощность светильников одной группы, $P_p = \Sigma P_c$, кВт;

U_c – напряжение групповой сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности для светильников со светодиодными лампами;

По таблице [34] определю допустимый ток для ранее выбранного кабеля сечением $1,5 \text{ мм}^2$ с учетом его прокладки в трубе и подставлю в условие:

$$15 > 0,287 \text{ А}.$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию.

Проведу проверку выбранного кабеля по потере напряжения.

3) Расчет сети по потере напряжения:

Согласно [35] допустимая потеря напряжения у источников света промышленных предприятий $\Delta U = 5 \%$, зная допустимую потерю напряжения, определю сечение токоведущей жилы:

$$S_i = \frac{M}{c \Delta U} = \frac{P_i \cdot l_i}{c \Delta U} = \frac{0,06 \cdot 30}{12,1 \cdot 5} = 0,03 \text{ мм}^2,$$

где M – момент нагрузки, (кВт · м);

l_i – длина групповой линии, (м);

c – значение зависящее от номинального напряжения и материала кабеля, для групповой линии $c = 12,1$;

Для предварительно выбранного сечения кабеля определяю фактическую потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{M}{cS} = \frac{0,06 \cdot 30}{12,1 \cdot 1,5} = 0,1\% ,$$

что соответствует требованию, $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$,

Проведу проверку выбранного электрического кабеля по таблице моментов:

$$M_i = P_i l_i = 0,06 \cdot 30 = 1,8 \text{ кВт} \cdot \text{м} \leq M = 90 \text{ кВт} \cdot \text{м} .$$

Данный кабель удовлетворяет условию проверки.

Для первой группы аварийных светильников принимаю к установке кабель сечением $1,5 \text{ мм}^2$. Для второй группы аварийных светильников аналогично проведу расчет и занесу в таблицу 6.1.

3. Рассчитаю сечение жил для распределительной линии рабочего освещения:

1) Выбор сечений жил по механической прочности.

Для соблюдения требования механической прочности, при выборе сечения медных жил необходимо соблюдать условие: наименьшее сечение жилы не менее $1,5 \text{ мм}^2$.

Предварительно выбираю кабель с количеством жил и сечением $5 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Далее проверяю выбранный кабель по допустимому нагреву.

2) Выбор сечения проводов по нагреву.

Сечение жилы выбирается по условию:

$$I_i \geq I_p / K_i ,$$

где I_i – допустимый ток на стандартное сечение провода, А;

I_p – расчетное значение длительного тока нагрузки, А;

K_i – поправочный коэффициент на условия прокладки электрического кабеля определяется по [33],

Расчетное значение длительного тока нагрузки для трехфазной сети определяю по формуле:

$$I_p = P_p / \sqrt{3} \cdot U_c \cdot \cos \varphi = \frac{0,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 1,44 \text{ А},$$

где P_p – суммарная мощность светильников всех групп рабочего освещения, $P_p = \Sigma P_c$, кВт;

U_c – напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности для светодиодных светильников.

По таблице [34] определяю допустимый ток для ранее выбранного кабеля сечением $1,5 \text{ мм}^2$ с учетом его прокладки в трубе и подставим в условие:

$$15 > 1,44 \text{ А}.$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию.

3) Расчет сети по потере напряжения:

Согласно [35] допустимая потеря напряжения у источников света промышленных предприятий $\Delta U = 5 \%$, зная допустимую потерю напряжения, определяю сечение токоведущей жилы:

$$S_i = \frac{M}{c \Delta U} = \frac{P_i \cdot l_i}{c \Delta U} = \frac{0,9 \cdot 20}{72,4 \cdot 5} = 0,05 \text{ мм}^2,$$

где M – момент нагрузки, (кВт · м);

l_i – длина линии, (м);

c – значение зависящее от номинального напряжения и материала кабеля, для групповой линии $c = 72,4$;

Для предварительно выбранного сечения кабеля определяю фактическую потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{M}{c S} = \frac{0,9 \cdot 20}{72,4 \cdot 1,5} = 0,16\% ,$$

что соответствует требованию, $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$,

Принимаю к установке для распределительной сети рабочего освещения электрический кабель марки ВВГнг, с количеством жил - 5, сечением $1,5 \text{ мм}^2$.

Для распределительной сети аварийного освещения аналогично проведу расчет сечения электрического кабеля и занесу результаты расчетов в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Выбор сечения кабеля

№ группы	Суммарная нагрузка ΣP_c , кВт	Рабочий ток, I_p , А	Допустимый ток, $I_{доп}$, А	Потеря напряжения $\Delta U\%$	Принято е сечение, S , мм ²	Принятый кабель
<i>Групповые линии рабочего освещения</i>						
1	0,18	0,86	15	0,25	1,5	ВВГнг 3×1,5
2	0,18	0,86	15	0,3	1,5	ВВГнг 3×1,5
3	0,18	0,86	15	0,34	1,5	ВВГнг 3×1,5
4	0,18	0,86	15	0,4	1,5	ВВГнг 3×1,5
5	0,18	0,86	15	0,44	1,5	ВВГнг 3×1,5
<i>Распределяющая сеть рабочего освещения</i>						
-	0,9	1,44	15	0,16	1,5	ВВГнг 5×1,5
<i>Групповые линии аварийного освещения</i>						
1	0,06	0,287	15	0,1	1,5	ВВГнг 3×1,5
2	0,06	0,287	15	0,066	1,5	ВВГнг 3×1,5
<i>Распределяющая сеть аварийного освещения</i>						
-	0,12	0,2	15	0,022	1,5	ВВГнг 5×1,5

7 Выбор аппаратов защиты для осветительной сети

Все осветительные сети промышленных предприятий должны иметь защиту от токов КЗ (короткое замыкание), а в условиях взрывоопасных зон на наружных установках и от перегрузки [36].

В целях защиты сетей освещения применяются предохранители и автоматические выключатели. На промышленных предприятиях для защиты сетей освещения наибольшее распространение получили автоматические выключатели, где роль защиты от перегрузки выполняет тепловой расцепитель, а защиту от токов КЗ электромагнитный расцепитель.

Автоматические выключатели могут иметь от 1 до 4 полюсов в зависимости от конфигурации сети и рассчитываться на разное рабочее напряжение.

1. Так как рабочее освещение имеет 5 групп, для каждой группы выбираю однофазный (однополюсный) автоматический выключатель, предварительно наметчу автомат марки iek ВА47-29 [37] рассчитанный на ток 1 А и напряжение 230 В.

Проведу проверку автоматического выключателя по критериям:

1) Номинальное напряжение автоматического выключателя должно соответствовать напряжению сети:

$$U_{н.авт.} > U_c ;$$

Согласно паспортным данным автоматического выключателя $U_{н.авт.} = 230$ В, напряжение групповой сети рабочего освещения $U_c = 220$ В,

$$230 \text{ В} > 220 \text{ В},$$

данный автомат соответствует условию.

2) Номинальный ток автоматического выключателя должен быть равен рабочему или превышать его:

$$I_{н. авт.} > I_p ;$$

Номинальный ток автомата $I_{н. авт.} = 1$ А, рабочий ток одной группы

$$I_p = 0,86 \text{ А},$$

$$1 \text{ A} > 0,86 \text{ A},$$

автомат соответствует условию.

3) Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя должен быть больше либо равен максимальному рабочему току цепи:

$$I_{\text{н.т.}} > K_{\text{н.}} \cdot I_{\text{р. max}},$$

где $I_{\text{н.т.}}$ – номинальный ток теплового расцепителя:

$$I_{\text{н.т.}} = I_{\text{н. авт}} \cdot 1,13 = 1 \cdot 1,13 = 1,13 \text{ A};$$

$I_{\text{р. max}}$ – максимальный рабочий ток цепи, защищаемой автоматическим выключателем, А;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, принимаемый равным $K_{\text{н}} = 1$.

$$1,13 \text{ A} > 1 \cdot 0,86 \text{ A},$$

автомат соответствует условию.

4) Ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен быть больше максимального рабочего тока:

$$I_{\text{эл. маг.}} > I_{\text{р. max}},$$

где $I_{\text{эл. маг.}}$ – Ток срабатывания электромагнитного расцепителя,

$$I_{\text{эл. маг.}} = 3 I_{\text{н. авт}} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ A},$$

$I_{\text{р. max}}$ – максимальный рабочий ток цепи, защищаемой автоматическим выключателем, А;

$$3 \text{ A} > 0,86 \text{ A},$$

автомат соответствует условию.

Принимаю к установке для групповой сети автоматический выключатель ВА47-29, рабочий ток $I_{\text{н. авт}} = 1 \text{ A}$, напряжение $U_{\text{с}} = 230 \text{ В}$.

Аналогично проведу расчет для остальных групп осветительной сети рабочего и аварийного освещения, результаты расчета сведу в таблицу 7.1.

2. Для распределительной линии рабочего освещения цеха выбираю трехфазный (трехполюсный) автоматический выключатель, нагрузки групповых линий распределю равномерно по трем фазам, предварительно

намечу автомат марки iek ВА47-29 рассчитанный на ток 2 А и напряжение 400 В.

Проведу проверку автоматического выключателя по критериям:

1) Номинальное напряжение автоматического выключателя должно соответствовать напряжению сети:

$$U_{н.авт.} > U_c ;$$

Согласно паспортным данным автоматического выключателя $U_{н.авт.} = 400$ В, напряжение групповой сети рабочего освещения $U_c = 380$ В,

$$400 \text{ В} > 380 \text{ В},$$

данный автомат соответствует условию.

2) Номинальный ток автоматического выключателя должен быть равен рабочему или превышать его:

$$I_{н. авт.} > I_p ;$$

Номинальный ток автомата $I_{н. авт.} = 2$ А, рабочий ток одной группы $I_p = 1,44$ А,

$$2 \text{ А} > 1,44 \text{ А},$$

автомат соответствует условию.

3) Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя должен быть больше, либо равен максимальному рабочему току цепи:

$$I_{н. т.} > K_{н.} \cdot I_{р. \max} ,$$

где $I_{н. т.}$ – номинальный ток теплового расцепителя:

$$I_{н. т.} = I_{н. авт.} \cdot 1,13 = 2 \cdot 1,13 = 2,26 \text{ А};$$

$I_{р. \max}$ – максимальный рабочий ток цепи, защищаемой автоматическим выключателем, А;

$K_{н.}$ – коэффициент надежности, принимаемый равным $K_{н.} = 1$.

$$2,26 \text{ А} > 1 \cdot 1,44 \text{ А},$$

автомат соответствует условию.

4) Ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен быть

больше максимального рабочего тока:

$$I_{\text{эл. маг.}} > I_{\text{р. max}},$$

где $I_{\text{эл. маг.}}$ – Ток срабатывания электромагнитного расцепителя,

$$I_{\text{эл. маг.}} = 3 I_{\text{н. авт}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ А},$$

$I_{\text{р. max}}$ – максимальный рабочий ток цепи, защищаемой автоматическим выключателем, А;

$$6 \text{ А} > 1,44 \text{ А},$$

автомат соответствует условию.

Для распределительной сети рабочего освещения принимаю к установке автоматический выключатель ВА47-29, рабочий ток $I_{\text{н. авт}} = 2 \text{ А}$, напряжение $U_c = 400 \text{ В}$. Аналогично проведу расчет распределительной сети аварийного освещения, результаты расчета сведу в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Выбор автоматических выключателей.

Номер линии №	Рабочий ток цепи $I_{\text{р. max}}, \text{ А}$	Выбранный авт. выкл.	Рабочий ток авт. выкл., А	Ток эл. маг. расцепител я $I_{\text{эл. маг.}}, \text{ А}$	Ток тепл. расцепител я $I_{\text{н. т.}}, \text{ А}$	$U_{\text{сети}}$ В
<i>Групповые линии рабочего освещения</i>						
1	0,86	ВА47-29	1	3	1,13	220
2	0,86	ВА47-29	1	3	1,13	220
3	0,86	ВА47-29	1	3	1,13	220
4	0,86	ВА47-29	1	3	1,13	220
5	0,86	ВА47-29	1	3	1,13	220
<i>Групповые линии аварийного освещения</i>						
1	0,287	ВА47-29	0,5	1,5	0,565	220
2	0,287	ВА47-29	0,5	1,5	0,565	220
<i>Распределительная линия рабочего освещения</i>						
-	1,44	ВА47-29	2	6	2,26	380
<i>Распределительная линия аварийного освещения</i>						

-	0,2	BA47-29	1	3	1,13	380
---	-----	---------	---	---	------	-----

8 Определение типа щитков освещения

Определение расположения щитов освещения

Щит освещения – это устройство, предназначенное для приема и распределения электрического тока по цепям питания светильников освещения [38].

Осветительные щитки выпускаются заводами изготовителями в виде готовой продукции, что удобно при монтаже и подключении, так как основная часть приборов уже смонтирована.

Щитки освещения различаются в основном по конструктивному исполнению, внутренняя же аппаратура в целом одинакова и может иметь различия лишь в электросхемах. Конструкция щитков предполагает их установку на стенах, строительных конструкциях и для установки в нишах стен.

По степени защиты от внешних воздействий различают щитки: защищенные, закрытые, брызгонепроницаемые, химически стойкие, пыленепроницаемые, взрывозащищенные.

Основная цель установки щитков – защита от перегрузок сети и распределение нагрузки.

Определяю расположение щитков освещения:

Щиты управления рабочего и аварийного освещения наружной установки, исходя из более благоприятных условий среды и удобства обслуживания расположу в РП.

Кнопку включения/отключения освещения наружной установки расположим на ЦПУ (центральный пульт управления) для удобства управления.

Для уменьшения потерь электроэнергии и удобства обслуживания щиты ШНО и ЩАО расположу непосредственно на стене корпуса наружной

установки. Схема соединения ЩУ и ШНО с расположением представлена в приложении (рис. 5).

Выбор типа щитков освещения

1. Выбор щита управления освещением.

Основными параметрами согласно [39], необходимые при выборе щитков освещения, являются:

А). Условия окружающей среды, в которой будет установлен щит.

Б). Способ установки щитка.

В). Количество и тип установленных в щите аппаратов.

Исходя из того, что помещение РП находится в нормальных условиях, где отсутствует взрывопожароопасная среда, для управления рабочим и аварийным освещением выбираю щиты типа ЯОУ – 8501 УЗ [40]. С креплением на стене.

Технические характеристики щита ЯОУ – 8501УЗ:

Ящик одностороннего обслуживания унифицированный;

8 – Ввод и распределение электрической энергии;

5 – Распределение электрической энергии с применением автоматических выключателей;

01 – вариант схемы управления освещением;

УЗ – климатическое исполнение: умеренный климат, эксплуатация в крытых помещениях без условий температурного регулирования с естественной вентиляцией (допускается обрызгивание, попадание пыли, снега, защита от вертикальных струй).

Степень защиты IP54 – частичная защита от пыли, защита от брызг, падающих в любом направлении;

Пускозащитная аппаратура:

Вводной трехфазный автомат ВА49-27 напряжением $U_p = 400$ В, рабочий ток $I_p = 16$ А; Контактор КМИ – 11810, напряжением $U_p = 400$ В, рабочий ток $I_p = 18$ А.

2. Выбор типа щитов для ШНО и ЩАО.

Так как наружная установка относится к зоне класса В – 1г по взрывоопасности, необходимо выбрать взрывозащищенные щиты.

В соответствии с данным классом взрывоопасности выбираю тип щита ШГВ – СВЕТ – Т05 [41], с рабочим напряжением $U_p = 380$ В, принципиальная схема подключения представлена в приложении (рис. 6).

Технические характеристики щита ШГВ – СВЕТ – Т05:

Маркировка взрывозащиты – 1Ex d IIC T6...T5 Gb:

Знак уровня взрывозащиты 1 – взрывобезопасное электрооборудование, взрывозащита обеспечивается как в нормальных режимах работы, так и при повреждениях, зависящих от условий эксплуатации, кроме повреждений средств, обеспечивающих взрывозащиту;

Знак Ex – соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;

Вид взрывозащиты d – взрывонепроницаемая оболочка;

Знак группы по области применения IIC – для внутренней и наружной установки;

Температурный класс T5-T6 – 100 - 85 °с;

Gb – Зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации.

Температура окружающей среды от – 60 до +40 °с;

Степень защиты IP66 – полная защита от пыли, защита от динамического воздействия потоков воды;

Покрытие - окрашенное антистатическим полимерным - эпоксидом, устойчиво к ионизирующему излучению, фрикционно искробезопасное;

Материал корпуса – алюминиево-кремниевый сплав коррозионностойкий, устойчив к солевому туману и другим химическим веществам, к парам соляной кислоты, к каплям серной и соляной кислоты;

Климатическое исполнение оборудования УХЛ-1 умеренный и холодный климат. Эксплуатация в крытых помещениях без условий

температурного регулирования с естественной вентиляцией (допускается обрызгивание, попадание пыли, снега, защита от вертикальных струй).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе выполнялось решение задачи по реконструкции устаревшей системы наружного освещения одного из цехов химического предприятия ПАО «КуйбышевАзот».

При изучении состояния освещения наружной установки цеха по производству циклогексанона были выявлены две основные проблемы – недостаточная освещенность при постоянно растущем числе оборудования и блокировка крышек соединительных коробок трубной разводки питающего кабеля, а также плафонов светильников ввиду коррозии металла.

В ходе выпускной квалификационной работы проведен анализ современных систем освещения промышленных предприятий. Установлено, что светодиодные лампы на данный момент являются наиболее востребованным источником света ввиду большего срока эксплуатации, отсутствия вредных для человека веществ в составе и более мощного светового потока при меньшей потребляемой мощности в сравнении с лампами накаливания и газоразрядными источниками света.

Так как к установке выбраны светодиодные лампы были решены две задачи: а) Недостаточная освещенность, б) Достижение более низких показателей потребления электроэнергии осветительной установкой цеха.

Для решения проблемы коррозии, были выбраны к установке взрывозащищенные светодиодные светильники, распределительные коробки и щиты освещения из специальных материалов, позволяющие при соблюдении инструкции по эксплуатации и необходимом уходе противостоять агрессивной окружающей среде имеющей место в цехе по производству циклогексанона. Для всех резьбовых соединений трубной разводки кабеля, распределительных коробок и плафонов светильников была подобрана необходимая смазка, обеспечивающая надежную защиту от коррозии и соответственно беспрепятственный доступ ремонтного персонала к электрическому кабелю для устранения возникших неполадок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Учебное пособие (учебник, практикум и т. п.)

3. ПУЭ издание 7, г.1 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения п. 1.2.17 – 1.2.21. 2013 г.

7. Колесник Г.П. Электрическое освещение: основы проектирования. Учебное пособие. ВлГУ, 2006.

14. Лейви А.Я., Шульгинов А.А. Основы светотехники. Учебное пособие. ЮУрГУ, 2016.

15. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стройиздат, 1995.

17. Айзенберг Ю.Б., Справочная книга по светотехнике. 2006 г.

19. Айзенберг Ю.Б., Справочная книга по светотехнике. 2006 г.

22. ПУЭ издание 7, г. 6.3 Наружное освещение, п. 6.3.1., 2013 г.

24. ПУЭ издание 7, г. 7 Электроустановки во взрывоопасных зонах, п. 7.3, 7.3.4. 2013 г.

25. ПУЭ издание 7, г. 7 Электроустановки во взрывоопасных зонах, п.7.3, 7.3.93. 2013 г.

26. ПУЭ издание 7, г. 6.3 Наружное освещение, п.6.3.16.

29. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология.-М.; Химия, 1986 г.-368 с.

31. ПУЭ издание 7, г. 7 Сечение кабелей, п. 7.1.36, 7.1.45, Наружное освещение, п.6.3.16. 2013 г.

33. ПУЭ издание 7, г. 1.3 Выбор проводников по нагреву, таблица 1.3.23. 2013 г.

34. ПУЭ издание 7, г. 1.3 Выбор проводников по нагреву, таблица 1.3.4. 2013 г.

36. ПУЭ издание 7, г. 3.1 Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ, 2013 г.

38. Плащанский Л.А. Электрооборудование подстанций и осветительные сети предприятий, организаций и учреждений [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.А. Плащанский.- Москва: МИСиС, 2019.-180 с.

Электронные ресурсы

1. Циклогексанон технический [электронный ресурс]: URL: <http://www.Kuazot.ru> (дата обращения: 21.03.2020).

2. Капролактам [электронный ресурс]: URL: <http://www.Kuazot.ru> (дата обращения: 21.03.2020).

4. Современные взрывозащищенные светильники [Электронный ресурс]: URL: <http://www.SMD-tlt.ru> (дата обращения: 24.03.2020).

5. Процесс производства алюминия [Электронный ресурс]: URL: <http://www.aluminiumleader.ru> (дата обращения: 26.03.2020).

6. Взрывозащищенный светодиодный светильник ДСП 47-45 PREMIUM[электронныйресурс]:URL: <http://www.axiomasveta.com/catalog/dsp>. (дата обращения 27.03.2020).

8. Светильник взрывозащищенный Philips SolidGuard [электронный ресурс]: <http://www.lighting.philips.ru> (дата обращения 24.03.2020).

9. Взрывозащищенный светодиодный светильник FEREXS FHB [электронный ресурс]: <http://www.fereks.ru> (дата обращения 25.03.2020).

10. Светодиодный взрывозащищенный светильник НСП57М Д-30 УХЛ1 [электронный ресурс]: <http://www.industriya-gstz.ru> (дата обращения 28.03.2020).

11. Виды излучений. Источники света [электронный ресурс]: <http://www.light-fizika.ru> (дата обращения 28.03.2020).

12. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Глава 7.

16. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Глава 6.

18. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Глава 7, п. 7.5 и 7.6, таблица 1.

20. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Глава 4, п. 4.3, таблица 3.
21. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Глава 7, п. 7.78.
23. ГОСТ 15845 - 80. Электрический кабель.
27. Взрывозащищенное электрооборудование для трубной проводки [электронный ресурс]: <http://www.exd.ru> (дата обращения 01.04.2020).
28. Взрывозащищённая коробка СКВ [электронный ресурс]: <http://www.завод-горэлтекс.рф> (дата обращения 2.04.2020).
30. Химически стойкие смазки [электронный ресурс]: <http://www.luckyres.ru> (дата обращения 08.04.2020).
32. СН 357 – 77, п. 3.164 – 3.166.
35. ГОСТ, 13109 – 97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
37. Автоматические выключатели. [электронный ресурс]: <http://www.iek.ru> (дата обращения 15.04.2020).
39. ГОСТ Р 51778 – 2001, Щитки распределительные для производственных и общественных зданий.
40. Щитки осветительные [электронный ресурс]: <http://www.cheaz.ru> (дата обращения 20.04.2020).
41. Взрывозащищенные щиты освещения [электронный ресурс]: <http://www.exd.ru> (дата обращения 25.04.2020).