

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-  
шего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт химии и энергетики

---

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки)

---

Энергосбережение и энергоэффективность  
(направленность (профиль))

---

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка системы управления освещением складских помещений

Студент

Е. Е. Пульцин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., О. В. Самолина

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

Тольятти 2020

## Содержание

Введение.....	3
1 Виды и нормы освещения .....	6
1.1 Лампа накаливания.....	10
1.2 Галогеновая лампа.....	11
1.3 Люминесцентная лампа .....	12
1.4 Дуговые лампы .....	15
1.5 Светодиодное освещение.....	17
1.6 Степень защиты светильников.....	21
1.7 Особенности освещения складских помещений .....	23
1.8 Критерии выбора светильников.....	26
1.9 Протоколы управления освещением .....	27
1.10 Управление освещением с помощью датчиков.....	37
1.11 Умные системы освещения .....	40
1.12 Выводы по 1 главе .....	42
2 Предназначение склада и выбор оборудования .....	44
2.1 Условия хранения фармацевтических изделий.....	45
2.2 Выбор оборудования.....	46
2.3 Выводы по главе 2.....	65
3 Техничко-экономический расчет освещения склада .....	67
3.1 Расчет расходов на электроэнергию при классическом управлении освещения.....	67
3.2 Расчет расходов на электроэнергию после установки системы умного освещения.....	69
3.3 Расчет экономии и срока окупаемости.....	71
3.4 Вывод по 3 главе.....	73
Заключение .....	75
Список используемой литературы и источников .....	78

## Введение

Энергия играет важную роль в нашем мире и имеет решающее значение. Основная причина – экономическая эффективность, и именно поэтому страны с развитой экономикой сосредоточены на идее использования электрической энергии наиболее эффективным образом. Наряду с экономическим процветанием, развитие человека также зависит от энергии. В общем, энергия является центром прогресса.

Освещение является важным аспектом в жизни людей. При недостаточном или некачественном освещении человек может совершить ошибку как в повседневной, так и в профессиональной деятельности, которая повлечет за собой от самых малых и до серьезных проблем. Или, например, мерцание ламп очень неблагоприятно влияет на работу персонала, так как вызывает утомление и тем самым снижение работы. Все эти факторы приводят к тому, что нужно обеспечить качественную электроэнергию.

Искусственное освещение потребляет одну пятую мировой электрической энергии, а 50-70% общего освещения используется обычными лампами накаливания, которые неэффективны в 90-95% случаев. Сохранение энергии при поддержании требуемого уровня освещенности – это сложная задача при проектировании систем освещения зданий. Для искусственного освещения наиболее распространенными источниками являются лампы накаливания и компактные люминесцентные лампы. Первые неумеренно преобразуют 90% электрической энергии в тепло и имеют короткий срок службы. Вторые же более эффективны, чем лампы накаливания с точки зрения энергосбережения и долговечности, но они содержат опасный материал, как ртуть, медленное зажигание и проблемы с переработкой. Все это приводит к особой технологии освещения, называемой светоизлучающими диодами. Светодиоды имеют потенциал для преодоления многих проблем, описанных выше, низкое электропотребление, минимальные затраты на обслуживание, лучшую эффективность, длительный срок службы, высокую устойчивость к влаге, отсутствие

проблем с медленным зажиганием, таких как у люминесцентных, и экологически чистые.

В настоящее время совместно со светодиодными светильниками применяются датчики движения – устройство, которое позволяет управлять светом при обнаружении перемещения человека или животного. Они позволяют автоматически включать и выключать свет, изменять его яркость в зависимости от расстояния до движущегося объекта. Это способствует еще большей экономии электроэнергии, так как освещение работает только тогда, когда происходит работа в данном секторе и человеку не нужно нажимать на выключатель после окончания работы, что он иногда забывает сделать.

Для того, чтобы определить движущиеся объекты на территории освещения, существуют следующие типы детекции:

1) Инфракрасные датчики движения. Реагируют на тепло, выделяемое живым существом. Возможны ложные срабатывания.

2) Акустические датчики движения. Реагируют на звуки, хлопки и другие шумы.

3) Микроволновые датчики. Относятся к активным устройствам. Вырабатывают волны в диапазоне микроволн и следят за их возвращением. Если происходит движение, то контакты замыкаются, либо размыкаются.

4) Ультразвуковые. Принцип действия аналогичен микроволновым, отличие лишь в диапазоне излучаемых волн.

5) Комбинированные. Совмещают в себе несколько способов обнаружения движения. Более надежны в эксплуатации, но более дорогостоящие.

Из выше перечисленных датчиков чаще всего для освещения улицы или дома используются инфракрасные, так как они дешевле остальных, большой радиус действия и много регулировок. Для освещения длинных коридоров и лестниц лучше использовать микроволновый или ультразвуковой, который позволит включить освещение, даже если человек далеко от источника света.

Цель работы – снижение потребления электроэнергии системой освещения. Данная тема является актуальной, так как на многих складах реализована система освещения с применением ламп накаливания или люминесцентных, последние из которых нужно аккуратно хранить и утилизировать на специальных предприятиях, а это обходится не дешево. Нужно идти в ногу со временем и использовать современные технологии, которые позволят достичь определенного результата.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Определить требования к системам складского освещения
- 2) Выбрать систему освещения в соответствии с выявленными требованиями
- 3) Выполнить технико-экономический расчет предлагаемого решения

## 1 Виды и нормы освещения

«Для создания хорошего освещения важно, чтобы в дополнение к требуемой освещенности удовлетворялись количественные и качественные показатели освещения.

Светотехнические требования определяются соблюдением следующих базовых составляющих:

- зрительного комфорта;
- зрительной работоспособности;
- производительности труда;
- безопасности.

Основные параметры, определяющие благоприятную световую среду:

- распределение яркости;
- уровень освещенности;
- блескость;
- направленность освещения;
- цветопередача и цвет излучения источников света,
- пульсация освещенности.

Уровень и распределение яркости в поле зрения определяют уровень адаптации, что влияет на видимость зрительной задачи. Хорошо сбалансированная яркость адаптации позволяет повысить и/или улучшить:

- остроту зрения,
- контрастную чувствительность,
- оптические свойства глаза.

Распределение яркости в поле зрения влияет на зрительный комфорт.

Поэтому надо избегать следующего:

- слишком высоких уровней яркости, которые могут быть причиной слепящего действия;
- слишком высоких уровней яркостных контрастов, которые вызывают утомление из-за вынужденной переадаптации,

- слишком низких уровней яркости и слишком низких уровней яркостных контрастов, которые создают излишнюю монотонность» [1].

Устройство освещения складских помещений должно надлежать нормам освещенности и показателям качества освещения, обладать бесперебойностью, иметь достаточно удобное расположение для обслуживания и управления.

Все лампы, существующие на сегодняшний день можно классифицировать по нескольким основным параметрам: тип цоколя; способ получения света; напряжение питания.

Различают также тип освещения: естественное освещение, искусственное, общее, комбинированное, локализованное.

Естественное освещение – свет, испускаемый солнцем, который проникает через окна, дверные проемы и т.д. В зависимости от положения проемов подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное. Для человека наиболее благоприятная освещенность считается 200 люкс.

Искусственное освещение создается источниками искусственного света, в качестве которых используются различные виды ламп.

Общее освещение используется для всего помещения, в том числе для рабочих поверхностей. Может осуществляться 2-мя способами – равномерным и неравномерным размещением светильников. Равномерное освещение по всей площади необходимо для зрительной работы или для общественных и административных помещений. Если присутствуют рабочие поверхности, требующие различные уровни освещения, то светильники располагают локализовано, в зависимости от места расположения рабочих поверхностей или оборудования.

С помощью применения локализованного освещения можно достигнуть снижения установленной мощности по сравнению с равномерным освещением. Но данный тип имеет существенный недостаток – создается повышенная неравномерность распределения яркости в поле зрения.

Система комбинированного освещения состоит из общего и местного освещения, которая применяется в местах, где нужна высокая освещенность при зрительной работе с небольшими деталями. В такой системе часть светильников освещает только рабочие места, а другая – все помещение, включая коридоры и проходы. «Освещенность рабочих мест, создаваемая светильниками общего освещения при системе комбинированного, должна составлять 10% нормируемой для комбинированного освещения» [1]. Использование только местного освещения в помещениях запрещается нормами.

Преимущество такой системы в том, что уменьшается установленная мощность и расход электроэнергии. Однако минусом являются капитальные затраты, так как помимо общего освещения нужно устанавливать дополнительные светильники над каждым рабочим местом.

Существуют следующие виды электрического освещения: рабочее, аварийное, охранное.

Рабочее освещение применяется во всех помещениях и создает нормированную освещенность на рабочих поверхностях.

Аварийное освещение состоит из двух частей: освещение безопасности и эвакуационного.

Освещение безопасности нужно предусматривать в тех случаях, когда отключение рабочего освещения приводит к нарушению обслуживания оборудования и может вызвать взрыв, пожар, отравление, нарушение работы электрических станций, насосные установки, канализации и т. д.

Эвакуационное освещение устанавливается в опасных местах, где ходят люди; на лестницах и проходах, которые служат для эвакуации людей; по основным проходам помещений производства; в производственных отделах, где постоянно работают люди и их выход при отключении основного освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы оборудования; в помещениях производства, где отсутствует естественное освещение.

Освещение безопасности должно создавать наименьшую освещенность на рабочих поверхностях на территории предприятия или производственных

помещениях в размере 5% от общего освещения. Эвакуационное освещение должно иметь наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: 0,5 для помещений и 0,2 для открытых территорий. При этом должны присутствовать указатели выходов, в которые встроены источники света, или должны освещаться светильниками аварийного освещения. Освещение знаков безопасности выполняется по ГОСТ 12.4.026.

Охранное освещение должно быть вдоль границ зон, охраняемых в ночное время. Освещенность составляет не менее 0,5 лк на уровне земли. Для такого освещения могут применяться любые источники света.

Если уровень освещенности будет недостаточный, то у человека может возникнуть зрительное перенапряжение или головные боли. Из-за пульсаций светового потока разрядных ламп при использовании электромагнитного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА) появляется головная боль, а также мерцание освещения может вызвать повышенное утомление. Чтобы избежать такие случаи, нужно использовать электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), которые исключают мерцание и утомляемость зрения.

Снижения уровня травматизма на производстве можно добиться с помощью улучшения освещенности и условий работы глаз. Важно заметить, что неравномерное освещение снижает видимость объектов, расположенных вокруг. Чрезвычайная блеклость ламп доставляет такой же эффект. Пульсация светового потока опасна, когда нужно различать движущиеся детали рабочих машин. Если в промышленности, где требования по цветопередаче высоки, используются источники света с плохим индексом цветопередачи, то это может привести к неправильной оценке качества продукции.

«Повышение производительности труда возможно благодаря правильному освещению. Было проведено исследование влияния качественных и количественных параметров освещения, освещение должно обеспечивать следующие параметры среды:

- освещенность, достаточная (согласно СП52.13330.2011) для выполнения зрительной работы;

- достаточную равномерность (отношение минимальной освещенности к средней) освещения в рабочей зоне;
- сбалансированное распределение яркостей в поле зрения;
- отсутствие пульсаций светового потока» [1].

В настоящее время представлены различные виды освещения, начиная от ламп накаливания и заканчивая светодиодами. Рассмотрим более подробно каждый вид освещения, определим плюсы и минусы, выберем наиболее подходящий вариант.

### **1.1 Лампа накаливания**

Самый первый источник искусственного освещения, который применяется по сей день. Тело накала, расположенное в колбе под вакуумом, испускает свет под действием электрического тока, который нагревает тугоплавкий металл. Чаще всего в качестве тела накала применяется вольфрам, а ранее была угольная нить. Вакуум нужен для того, чтобы не происходило окисление металла при контакте с воздухом, либо используются инертные газы или пары галогенов.



Рисунок 1 – Лампа накаливания

Плюсы данной лампы: низкая стоимость; небольшие размеры; не требуют пускорегулирующей аппаратуры; не имеет токсичных компонентов; может работать как на постоянном, так и на переменном токе; функционирует при отрицательной температуре.

Минусы: желтый свет, не приятный для глаз человека; потребляет много электроэнергии; срок службы составляет около 1000 часов; чувствительны к встряскам и перепадам напряжения.

К сожалению, с данным видом ламп просто не получится сэкономить на электроэнергии, да и производить замену придется довольно часто.

## **1.2 Галогеновая лампа**

В данной лампе также телом накала является спираль из вольфрамовой проволоки и колба заполнена буферным газом (азотно-кислородная смесь или смесь газа с кислородом) с добавлением примесей, содержащих галогены. В качестве них используются соединения бора и йода.



Рисунок 2 – Галогенная лампа

Сравнивая данный тип с лампой накаливания, они имеют одно преимущество – увеличенный срок службы до 2000-4000 часов. Но вместе с тем они начинают сильно греться и в закрытом пространстве они быстро перегорают. Также их придется устанавливать в перчатках, так как не переносят контакта с жиром на пальцах человека. По параметрам энергопотребления они не отличаются от ламп накаливания. Еще одним плюсом является то, что в зависимости от добавляемых веществ в инертный газ галогеновая лампа может светиться белым или желтым цветом.

### 1.3 Люминесцентная лампа

Эта лампа относится к газоразрядным, где электрический разряд с помощью ртути создает ультрафиолетовое излучение и преобразуется в видимый свет с помощью люминофора. В зависимости от его состава можно получить теплые или холодные цвета.



Рисунок 3 – Люминесцентная лампа

К данному типу ламп относятся энергосберегающие, которые снижают электропотребление в несколько раз. «По свечению такую лампу мощностью, к примеру, 25 Вт, можно сравнить с лампой накаливания, потребляю-

щей 125 Вт. Но и это еще не все – серьезные производители таких осветительных приборов дают гарантию на свою продукцию 5 лет. В течение этого времени сгоревшую энергосберегающую лампу можно свободно обменять в магазине на новую. Единственное условие такого обмена – это наличие на сохраненной упаковке отметки о приобретении лампы в этом магазине» [2].

Для того, чтобы лампа работала и зажигалась нужен так называемый стартер, который состоит из конденсатора и дросселя. Он необходим для автоматического включения и выключения предварительного накала двух электродов и представляет из себя тепловое реле, которое помещено в стеклянный баллон, наполненный инертным газом – неоном. У реле имеется два электрода: первый биметаллический, второй металлический. Между ними находится зазор 2-3 мм. Данная величина устанавливается заводом и зависит от напряжения.

Дроссель представляет собой обмотку, которая намотана на сердечник из электротехнической стали, облегчая не только зажигание лампы, но ограничивает ток и обеспечивает устойчивую работу лампы. На рисунках 4 и 5 приведены типовые схемы включения люминесцентной лампы, включенных в сеть напряжением 220 В.

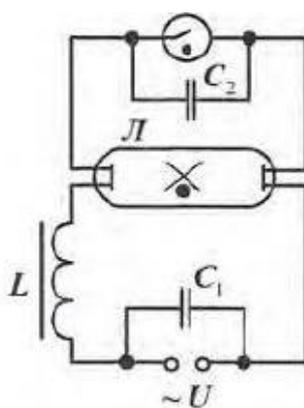


Рисунок 4 – Стартерная схема для одной лампы

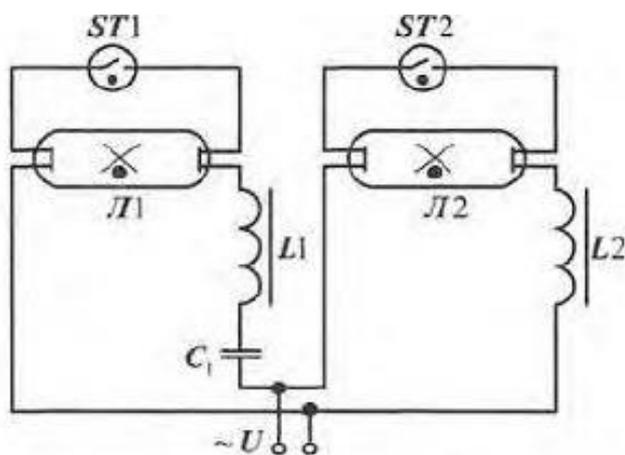


Рисунок 5 – Стартерная схема с искусственным сдвигом фаз

Дроссель  $L$ , который включен в цепь люминесцентной лампы, вызывает дополнительный расход электроэнергии примерно 20% от потребляемой и снижает коэффициент мощности до 0,5-0,6. Для того, чтобы повысить его, в схеме предусмотрен конденсатор  $C_1$ , и в той схеме, где он включается, называется компенсированной. А конденсатор  $C_2$  служит для компенсации радиопомех, которые возникают из-за работы лампы.

ЭПРА – электронный пускорегулирующий аппарат, при помощи которого происходит питание газоразрядных ламп от электрической сети и обеспечивающий нужные режимы зажигания, разогрева и работы лампы.



Рисунок 6 – Функциональная схема ЭПРА

Основные элементы:

- предохранитель;
- выпрямитель;
- помехозащитный фильтр;
- ВЧ генератор;

- пусковой контур;
- позистор РТС (терморезистор с положительным температурным коэффициентом);
- емкостный фильтр питающей сети.

Пускорегулирующий аппарат или еще его называют балласт, представляет из себя простое электронное устройство, которое построено на активных элементах

Отрицательная же сторона этих ламп – не работоспособные при отрицательных температурах, долгий разогрев, не переносят частых включений и выключений. Также в своем составе она содержит опасные для человека пары ртути. Если лампы используются на производстве, то для них нужен отдельный склад, где они будут храниться и в дальнейшем вывозить их для утилизации.

Нужно отметить, что все виды энергосберегающих ламп стоят дороже, чем те, которые рассмотрены выше. Срок службы люминесцентных ламп составляет уже на порядок больше – около 20 тыс. часов.

#### **1.4 Дуговые лампы**

Общее определение для обозначения ламп, в которых источником света является электрическая дуга. Она возникает между электродами из тугоплавкого металла (чаще всего это вольфрам), а пространство вокруг промежутка заполняется инертными газами, парами металлов или их солей.



Рисунок 7 – Лампа ДНаТ

Изменяя состав, температуру и давление газа можно добиться света различного спектра. Если преобладает много ультрафиолетового излучения, то используется люминофор.

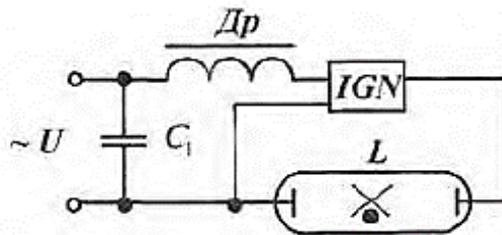


Рисунок 8 – Схема включения натриевой лампы высокого давления

В дуговой ртутной люминесцентной (ДРЛ) лампе как раз для улучшения цветопередачи и исправления цветности светового потока применяется люминофор, который нанесен на внутреннюю поверхность колбы. Срок службы составляет 12-20 тыс. часов в зависимости от мощности.



Рисунок 9 – Лампа ДРИ

Для наполнения дуговых ртутных с излучающими добавками (ДРИ) ламп используются разные смеси йодидов, среди которых цезий, тулий, натрий, гольмий. Они находятся в колбе в виде галогеновых солей. Подобрать нужное сочетание этих компонентов, то можно получить отвечающий требованиям цветопередачи спектр излучения. Срок службы составляет около 9 тыс. часов.

В натриевой газоразрядной лампе (ДНаТ) светящимся телом служат пары натрия с газовым разрядом. Именно из-за него лампа светится ярким оранжево-желтым светом. Эта особенность вызывает неудовлетворительное качество цветопередачи. Срок службы составляет до 28,5 тыс. часов.

### **1.5 Светодиодное освещение**

Самое современный и лучший на сегодняшний день вид освещения. Если необходимо снизить электропотребление за счет реконструкции системы освещения, то нужно посмотреть в сторону светодиодных технологий. Если заменить лампы накаливания на данный вид освещения, то можно получить большую экономию и энергоэффективность.

Светодиод представляет из себя полупроводниковый кристалл на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы.



Рисунок 10 – Конструкция светодиода

Основной технологией для выращивания кристаллов является металло-органическая эпитаксия. «Эпитаксия – это закономерное нарастание одного кристаллического материала на другой (от греч. *επι* — на и *ταξις* – упорядоченность), т. е. ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого (подложки). Для этого процесса необходимы особо чистые газы. В современных установках предусмотрены автоматизация и контроль состава газов, их отдельные потоки, точная регулировка температуры газов и подложек. Толщины выращиваемых слоев измеряются и контролируются в пределах от десятков ангстрем до нескольких микрон. Разные слои необходимо легировать примесями, донорами или акцепторами, чтобы создать p-n-переход с большой концентрацией электронов в n-области и дырок – в p-области» [1].

Таблица 1 – Цвета излучения и материалы полупроводника

Цвет	Длина волны, нм	Напряжение, В	Материалы полупроводника
Инфракрасный	$\lambda > 760$	$\Delta U < 1,9$	Арсенид галлия (GaAs) Алюминия галлия арсенид (AlGaAs)

Продолжение таблицы 1

Красный	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < \Delta U < 2,03$	Алюминия-галлия арсенид (AlGaAs) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Оранжевый	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < \Delta U < 2,10$	Галлия фосфид-арсенид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Желтый	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < \Delta U < 2,18$	Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Зеленый	$500 < \lambda < 570$	$1,9 < \Delta U < 4,0$	Индия-галлия нитрид (InGaN) / Галлия(III) нитрид (GaN) Галлия(III) фосфид (GaP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Алюминия-галлия фосфид (AlGaP)
Голубой	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < \Delta U < 3,7$	Селенид цинка (ZnSe) Индия-галлия нитрид (InGaN) Карбид кремния (SiC) в качестве субстрата Кремний (Si) в качестве субстрата — (в разработке)
Фиолетовый	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < \Delta U < 4,0$	Индия-галлия нитрид (InGaN)
Пурпурный	Смесь нескольких спектров	$2,48 < \Delta U < 3,7$	Двойной: синий/красный диод, синий с красным люминофором, или белый с пурпурным пластиком
Ультрафиолетовый	$\lambda < 400$	$3,1 < \Delta U < 4,4$	Алмаз (235 нм), Нитрид бора (215 нм), Нитрид алюминия (AlN) (210 нм), Нитрид алюминия-галлия (AlGaInN), Нитрид алюминия-галлия-индия (AlGaInN) — (менее 210 нм)
Белый	Широкий спектр	$\Delta U \approx 3,5$	Синий/ультрафиолетовый диод с люминофором

Для получения белого света существует 3 способа и первый из них – смешивание трех цветов по технологии RGB. На одной матрице размещены красные, синие и зеленые светодиоды, при включении которых их излучения начинают смешиваться с помощью линзы и получается белый свет. Во втором способе на поверхность светодиода, который излучает в ультрафиолетовом диапазоне, наносится три вида люминофора, излучающих синий, зеленый и красный свет. В третьем способе наносится желто-зеленый или зеле-

ный с красным люминофором на синий светодиод и при смешивании излучений образуется белый свет.

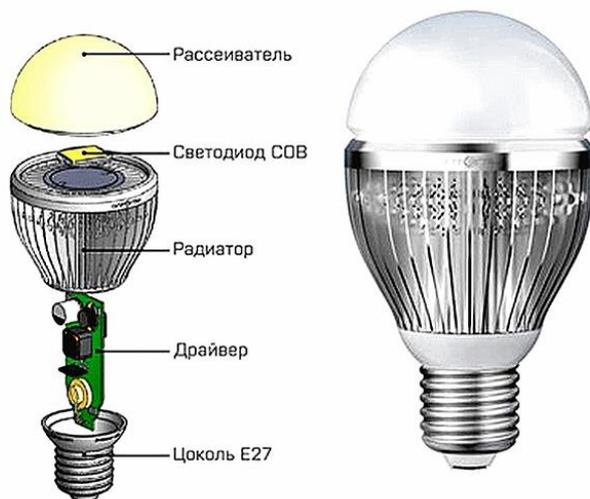


Рисунок 11 – Устройство светодиодной лампы

На данном рисунке изображена современная светодиодная лампа по технологии COB. Светодиод выполнен с множеством кристаллов как одно целое.

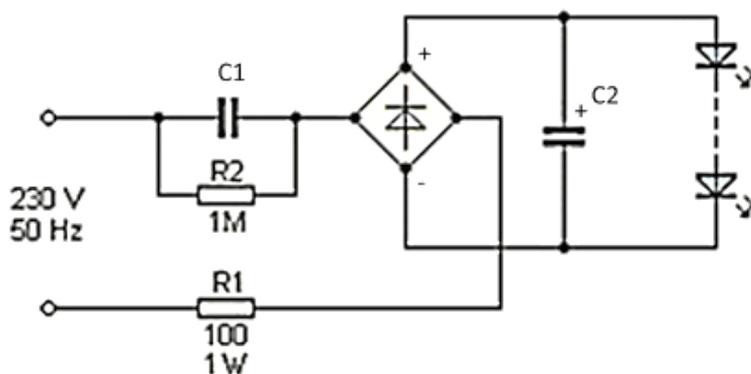


Рисунок 12 – Схема включения светодиодной лампы в сеть 220 В

Напряжение 220 вольт подается через ограничивающий конденсатор C1 на выпрямительный мост, затем на лампу. Один светодиод можно поменять на обычный выпрямительный, но в следствии этого изменится мерцание до 25 Гц, что негативно скажется на зрение.

Драйвер предназначен для работы светодиодов путем прохождения через него стабилизированного тока и преобразование 220 В из сети в низкое напряжение постоянного тока. С помощью него можно изменять цвет и яркость светодиодов. Схема изображена на рисунке 13.

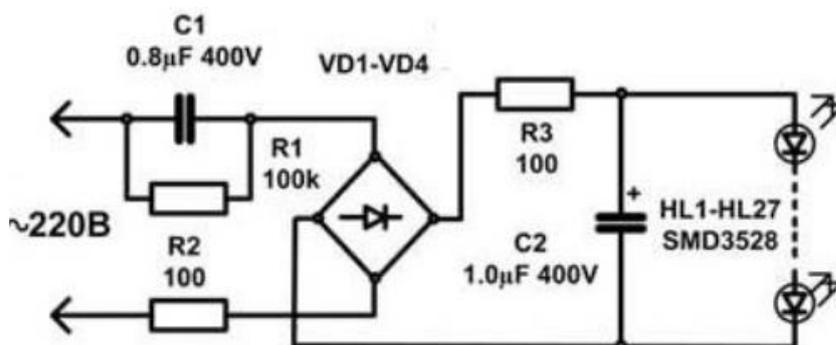


Рисунок 13 – Схема драйвера для светодиодной лампы

Положительные стороны использования светодиодов: в данном виде освещения электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение и при должном теплоотводе мало нагревается. Он прочный и надежный, некоторые производители заявляют срок службы до 100 тыс. часов. Этот прибор является низковольтным и поэтому безопасен. Цветовой спектр составляет от 2700 К до 6500К, сразу включаются на полную яркость, количество включений и выключений не оказывают влияния на срок службы светодиодов, угол излучения от 15 до 180 градусов и экологически чистые, в отличие от люминесцентных, которые содержат пары ртути.

Конечно для их покупки придется потратить большую сумму – они стоят гораздо дороже, чем лампы накаливания. Но светодиодные лампы служат намного дольше, а также на них не влияют отрицательные температуры, по сравнению с люминесцентными.

## 1.6 Степень защиты светильников

Светильники, по степени защиты от окружающей среды, делятся на:

- открытые;
- пылезащищенные;
- влагозащищенные;
- взрывозащищенные;

Электрооборудование и светильники имеют степень защиты от окружающей среды и обозначается двумя буквами латинского алфавита IP - International Protection Marking, что в переводе с английского означает «международные коды защиты». После двух данных букв следует две 2 цифры, которые обозначают, собственно, от чего защищено оборудование. В таблице 2 представлены описания.

Таблица 2 – Степень защиты устройства

Первая цифра	Защита от проникновения посторонних предметов и пыли внутрь корпуса	Вторая цифра	Защита от проникновения жидкости внутрь корпуса
0	Защита отсутствует	0	Защита отсутствует
1	Защита от твердых объектов размером более 50 мм. в диаметре	1	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства
2	Защита от твердых объектов размером более 12 мм. в диаметре	2	Вертикальные капли под углом до 15°
3	Защита от твердых объектов размером более 2,5 мм. в диаметре	3	Падающие брызги. Защита от дождя. Вода льется вертикально или под углом до 60° к вертикали
4	Защита от твердых объектов размером более 1 мм. в диаметре	4	Брызги. Защита от брызг, падающих в любом направлении
5	Пылезащищенное. Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. Полная защита от контакта	5	Защита от водяных струй с любого направления
6	Пыленепроницаемое исполнение. Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта	6	Защита от морских волн или сильных водяных струй. Попавшая внутрь корпуса вода не должна нарушать работу устройства
		7	При кратковременном погружении на глубину до 1 м. вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Постоянная работа в погруженном режиме не предполагается

## Продолжение таблицы 2

		8	Длительное погружение на глубину более 1 м. Полная водонепроницаемость Устройство может работать в погруженном режиме
		9	Длительное погружение и полная водонепроницаемость под давлением. Устройство может работать в погруженном режиме при высоком давлении жидкости

### 1.7 Особенности освещения складских помещений

Уровень освещения складских зданий регулируются строительными правилам и нормами - СНиП 23.05-95. Важно отметить, что в этих документах, выпущенных более 20 лет назад, уже имелась тенденция для экономии электроэнергии. Это следует из двух приведенных ниже требований:

1. пп. 7.1 «Для общего искусственного освещения помещений следует использовать, как правило, разрядные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы» [3]. В виду отсутствия более экономичных светодиодных технологий в то время, чем газоразрядные лампы, СНиП прямо призывает использовать их для экономии электроэнергии.

2. Примечание к таблице 1: «4. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности» [3]. В этом случае СНиП не запрещает использование ламп накаливания, которые энергетически не эффективны, но требует снижать уровень освещенности и обосновать такие случаи, подталкивая нас к использованию наиболее эффективных источников света.

Рассмотрим еще несколько положений из СНиП для складского помещения:

1) при напольном хранении товаров в закрытых складах минимальный уровень освещенности при использовании газоразрядных ламп – 75 лк, при использовании ламп накаливания – 50 лк. Нормативы применимы к складским помещениям с разрядом зрительной работы VIIIб;

2) при стеллажном хранении товаров в закрытых складах минимальный уровень освещенности при использовании газоразрядных ламп – 200 лк, при использовании ламп накаливания – 100 лк. Нормативы для складских помещений с разрядом зрительной работы VI-1;

3) при выполнении грубых работ (погрузка, разгрузка, сортировка, комплектация, транспортировка) основные осветительные приборы должно обеспечивать не менее 200 лк с газоразрядными светильниками и не менее 200 лк с лампами накаливания внутри помещения;

4) при выполнении грубых работ вне здания допускается уровень освещенности 5 лк;

5) при работе в кладовой и на рампе минимальная освещенность составляет 50 лк.

6) При расчетах обращают внимание на тип склада, на уровень механизации и автоматизации, на особенности хранящейся продукции.

Помещения с высотой потолков более 10 м рекомендуют использовать светодиодных светильников мощностью 200 Вт.

Нужно учитывать, что действующие правила определяют минимальный уровень освещенности, которого не хватает для полноценной работы оснащенных, современных складских комплексах. Для этого при проектировании системы освещения следует принимать во внимание европейские нормы освещенности. «Важно также отметить, что измерения уровня освещенности складских объектов проводятся на нулевой отметке, на уровне пола. Рекомендуется придерживаться следующих показателей минимального уровня освещенности:

- для стеллажного хранения не менее 250-300 лк с газоразрядными лампами на уровне 0.8 м от пола;

- в зоне приемки и зоне отгрузки не менее 300-350 лк с газоразрядными лампами на уровне 0.8 м от пола» [4].

Осветительные приборы не должны мешать работе ричтраков и других высотных штабелеров. Светильники должны устанавливаться на оптимальной высоте, учитывая работу погрузчиков: освещение не должно ослеплять водителей и не препятствовать их работе. Размещение световых приборов должно быть равномерным в верхней зоне помещения, либо относительно расположения хранимой продукции при условии стеллажного хранения. Важно отметить, что равномерность освещенности не нормируется для складских комплексов, но это условие необходимо для эффективной работы персонала. Также нужно учесть удобство для доступа замены ламп, обслуживания светильников и эксплуатации. Осветительная сеть должна быть установлена так, чтобы светильники не соприкасались с горючими материалами и сгораемыми конструкциями здания. При эксплуатации светильников необходимо обеспечить контроль технического состояния освещения и соответствие требованиям ПУЭ. «Определение соответствия требованиям норм фактического уровня освещенности и яркости проводят путем их измерения. Методы измерения освещенности и яркости регламентированы ГОСТ 24940–96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» и ГОСТ 26824–86 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости» [5].

При хранении на стеллажах одним из важных условий является обеспечение вертикальной освещенности, чтобы персонал мог хорошо различить товарные этикетки и маркировки. В этом случае светильники размещают в проходах непрямолинейно или под углом к стеллажам, и вместе с этим применяют приборы со специальными кривыми света. В складских помещениях с применением автоматизированных грузораспределительных и других устройств нужно обеспечить общее и местное освещение для проведения ремонтных и наладочных работ.

Выбирая осветительные приборы для склада, нужно учитывать их эффективность и экономическую целесообразность, чтобы данная система была

окупаема через некоторый промежуток времени. Удельная мощность всего освещения имеет ограничения (см. таблицу 7 СП 52.13330.2011), поэтому мощность светильников нужно учесть. «Конструкция светильников должна обеспечивать надежную защиту всех их частей от вредных воздействий окружающей среды, электро-, пожаро- и взрывобезопасность, надежность, долговечность, стабильность светотехнических характеристик. Светильники должны соответствовать требованиям ГОСТ 14254–96 «Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты», ГОСТ 15597–82 «Светильники для производственных зданий. Общие технические условия», ПУЭ и НПБ 249-97. Допустимая степень защиты светильников в зависимости от класса пожаро- и взрывоопасной зоны по ГОСТ 14254–96, ГОСТ Р 51330.0–99 «Электрооборудование взрывозащищенное» [5].

Использование систем управления и автоматизации освещения складских помещения может существенно снизить расходы электроэнергии: внедрение системы с датчиками движения и присутствия дает до 70 % экономии [4]. Снизить расходы также позволит отдельное управление отдельными светильниками или группами.

## **1.8 Критерии выбора светильников**

Прежде чем купить осветительные приборы для склада, нужно убедиться, что они соответствуют необходимым требованиям для такого помещения. «В перечень требований, которым светильник должен соответствовать, входят следующие положения:

- соответствие требованиям пожарной безопасности;
- отменные технические характеристики в плане передачи светового потока. Очень часто для складов используются светильники со светоотражающей поверхностью;
- конструкционные особенности осветительного прибора. Они должны размещаться на потолке и при этом давать достаточную степень освещенно-

сти. Светильники на склад могут устанавливаться с помощью подвесных тросов или специальных крюков;

- доступность и простота в обслуживании;
- простой дизайн, который не бросается в глаза;
- максимальная функциональность;
- низкая стоимость;
- небольшой вес;
- длительный период службы;
- защищенность прибора от внешних воздействий. Его корпус должен

быть герметичным» [6].

Наличие разнообразных светильников на рынке позволяет осуществить правильный выбор, чтобы создать на складе оптимальный уровень освещенности. Также для такого помещения существуют подвесные светильники, которые устанавливаются на специальные подвесы и встраиваемые, применяющиеся для создания рабочего, аварийного и охранного освещения. У светильников должны быть стабильные светотехнические характеристики, без которых они не смогут долгое время работать при номинальных параметрах в условиях складских помещений.

## **1.9 Протоколы управления освещением**

В настоящее время электрическое освещение - это обыкновенное оборудование для каждого жилого здания. Тем не менее, необходимо иметь в виду, что классическая концепция освещения с соответствующим выключателем была реализована практически в той же конструкции и дизайне с конца 19 века, когда она начинает распространяться в жилых зданиях. Это своеобразное явление, потому что другие проекты, основанные на электротехнике или информатике, получили огромное развитие. Несмотря на это, мы можем наблюдать развитие широкого спектра технологий, направленных на управление освещением в течение последних двух десятилетий.

В последнее время мы все чаще сталкиваемся с понятием «умное здание». Эти здания, обеспечивающие жильцов оптимальной внутренней средой, экономичны и энергоэффективны, и часто предлагают многоцелевое использование. Все это возможно благодаря современным технологиям, связанным с информатикой, автоматизацией и управлением, не исключая реализацию сложных способов освещения. Рассмотрим виды протоколов для управления освещением.

**Аналоговое управление.** Управление светом при помощи изменения напряжения – самый первый и простой способ, который закреплен в стандарте ANSI E1.3 — 2001. Диапазон изменения зависит от производителя, но со временем уровни 0-10 В стали наиболее распространенными. Первыми устройствами для управления световым потоком являлись автотрансформаторы. В 1960-х годах были разработаны тиристорные системы, которые с относительно небольшой консоли удаленно регулировали световой поток. В 70-х гг. установили единый диапазон изменения напряжения 0-10 В. Главным недостатком является отсутствие управления большим количеством светильников, а достоинством – простота выполнения. Ток управления обычно находится в диапазоне 1 ... 4 мА. Еще одна аналоговая опция управления предназначена для приема сигналов управления с использованием внутреннего светодиодного драйвера и внешнего потенциометра.

При управлении десятками или даже сотнями осветительных устройств недостатком аналогового метода является большое количество линий управления, что делает метод непригодным для сложных систем с сотнями осветительных приборов. Система будет слишком дорогой. Кроме того, в такой системе трудно диагностировать и устранять неполадки.

Второй недостаток связан с ослаблением сигнала на длинной линии. Сигнал, принимаемый источником света, может быть слабее исходного сигнала, что может привести к тусклому освещению или неравномерному излучению в системе с несколькими устройствами освещения. Кроме того, анало-

говые сигналы чувствительны к внешнему шуму, перебоям и помехам на линии заземления, особенно при передаче на большие расстояния.

Драйверы светодиодов с аналоговым управлением освещением 0-10 В есть везде. Однако этот метод управления не обеспечивает достаточной стабильности и не позволяет получать данные от сетевого контроллера.

**AMX 192, K96.** В 1980-х годах разработали мультиплексированные схемы управления освещением на микропроцессорах AMX 192, K96. AMX 192 применялся на территории США и Канады, а аналогом его в других странах стал D56. Но взаимодействие устройств не обеспечивалось среди продуктовой линии одной компании из-за различных уровней напряжения, назначений выводов скорости обмена и количества линий передачи. Кроме того, был разработан ряд альтернативных протоколов, некоторые из которых предлагали наличие модуля памяти в контроллере для хранения данных.

Достоинствами же являлись меньшее количество проводов и управление большим количеством светильников. Появление стандарта USITT DMX512 помогло упростить эту ситуацию, обеспечить совместимость оборудования и принести экономические выгоды всем секторам рынка освещения. Появился новый класс устройств - интерфейсные схемы, обеспечивающие обратную совместимость стандартов.

**DMX-512A.** Стандарт был разработан для цифровых сетей передачи данных для управления светодиодными источниками света и другими устройствами. На физическом уровне этот протокол использует дифференциальные сигналы EIA-485 и передачу пакетов. Обмен может быть произведен только в одном направлении и не обеспечивает неправильной проверки и исправления.

Контроллер DMX512 выполняет последовательную асинхронную передачу данных со скоростью 250 кБод. Передача данных по 512 каналам займет приблизительно 23 мс, что соответствует частоте обновления 44 Гц. Для более частых обновлений переадресация выполняется на меньшее количество каналов.

«Широкое распространение протокола DMX-512A объясняется несколькими причинами:

- в его основе лежит интерфейс EIA485;
  - простота исполнения;
  - высокая надежность;
  - возможность управления несколькими сетями светильников по трем проводам;
  - невысокая стоимость элементной базы;
  - интерфейс управления изолирован от светильника, т.е. защищен;
- максимальное количество устройств — 512. Дальнейшее наращивание возможно только при использовании дополнительных портов DMX» [13].

Система освещения с DMX интерфейсом показана на рисунке 9. Контроллер подсоединяется к линии светильников, которые соединены последовательно.

Стандарт EIA485 применим только к системам с последовательно включенными светильниками. Каждый сегмент сети может иметь до 32 устройств, общая длина кабеля составляет 1 км. С помощью специальной микросхемы RS485 можно увеличить количество устройств, подключенных к одному порту. Следовательно, при использовании ISO15 Texas Instruments один сегмент может иметь до 128 устройств.

Некоторые производители светодиодных драйверов утверждают, что можно подключать любое количество драйверов к одному порту DMX. Это не подтверждено официальными стандартами. Большинство из этих драйверов выводят тот же DMX-сигнал, что и вход. В то же время накапливаются временные задержки, что особенно заметно в крупных установках. Кроме того, сбои, возникающие в одном драйвере, будут повторяться всеми последующими драйверами.

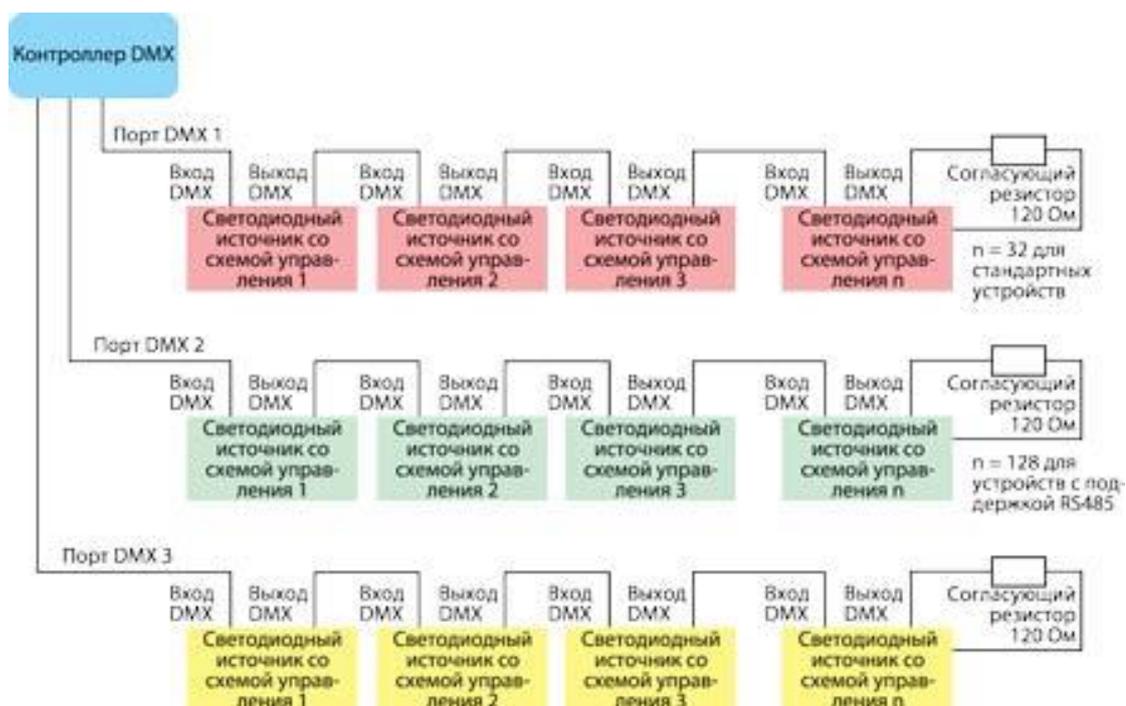


Рисунок 9 - Система освещения с DMX интерфейсом

Достоинство такого протокола является свободное назначение каналов для светильника, а недостаток – односторонняя передача от контроллера к источнику света, что приводит к невозможности отследить сбои и провести мониторинг состояния светильников.

**RDM.** Протокол представляет собой модернизацию протокола DMX512, который позволяет получать данные от источника света по стандартной линии DMX. Возможны настройки параметров, отслеживание состояния, управление RDM-устройствами, принимать основные показания (потребление тока, рабочая температура, рабочее время, сетевое напряжение, индекс цветопередачи и т.д.) - все это не мешает основной работе стандартного оборудования DMX, который не поддерживает RDM. Основным преимуществом RDM является то, что он обратно совместим с DMX, что позволяет использовать существующую инфраструктуру. Протокол был создан организацией ESTA и является частью программы разработки технических стандартов. Пакет DMX остается прежним. Передача данных устройства RDM происходит между пакетами данных. Устройство RDM имеет уникальный идентификационный номер, по которому устройство контроля может его

идентифицировать. Также к достоинствам относятся: возможность установить базовый адрес светильника; обновление ПО через интерфейс RS485; создание DMX-систем с поддержкой Ethernet; управление как отдельными устройствами или группой, так и одновременно всеми устройствами в сети; передача сообщений от всех или нескольких устройств о сбое и т.д.; автоматическое затемнение всех устройств при выбранной сцене; простой принцип образования групп светильников; возможность установки угасания.

Несмотря на существенные достоинства, к недостаткам относится высокая стоимость электронных схем, небольшое количество светодиодных драйверов, поддерживающих RDM. Но в перспективе, данный стандарт для систем освещения может стать основным ввиду удешевления компонентов со временем.

**Система DALI.** Конструкция управления освещением основана на устройстве, включающем микроконтроллер и управляемые компоненты, которые взаимно обмениваются данными через шину DALI.

Шина DALI (интерфейс цифрового адресуемого освещения), соответствующая международному стандарту IEC 62386, является цифровой шиной, предназначенной для управления освещением. Это система открытых протоколов, которая означает, что различные производители могут использовать ее для своих продуктов. Шина DALI предлагает единый интерфейс для всех участников. Схема координации учитывает иерархию управляемого и управляющего.

Управляющий обычно действует как блок, начинающий связь и приближающийся к отдельным управляемым устройствам. В любой системе шин DALI должен быть хотя бы один главный блок. Управляемое устройство - это удаленное объединенное устройство, действующее в соответствии с командами главного устройства. Оно может отправлять данные обратно, но только в качестве ответа на предыдущий запрос.

Передача данных и команд по шине DALI осуществляется по двум проводам, и устройства соединены параллельно с этим двухпроводным со-

единением. Один сегмент связи может нести до 64 соединений устройств в произвольной комбинации главных и вспомогательных устройств. Скорость обмена данными установлена на 1200 бит/с. Протокол DALI был разработан с той идеей, чтобы канал передачи данных использовался с теми же проводами, что и для распределения питания 230 В переменного тока в одном кабеле.

При передаче данных по шине используется схема кодирования Манчестера, которая кодирует переходы между уровнями. Передний фронт кодирует битовый логический символ 0, а задний фронт кодирует битовый логический символ 1. Уровни напряжения сигнала обычно составляют 0-16 Вольт.

Во время передачи составляются кадры из отдельных битов в шине DALI. Кадр может быть либо управляющим, который служит для доступа главного устройства к подчиненным устройствам, либо обратным кадром для ответа подчиненного устройства.

Первый бит в каждом кадре является начальным битом, а кадр заканчивается двумя стоп битами. Временной интервал для одного бита является постоянным, что означает 833,33 с при скорости передачи данных 1200 бит/с. Приемлемый допуск длительности битов составляет +/- 10%.

Любое ведомое устройство шины DALI имеет свой собственный адрес. Если ведущее устройство отправляет кадр управления, содержащий конкретный адрес подчиненного устройства в сегменте адреса кадра, соответствующее подчиненное устройство отвечает. Как правило, процедура ответа подчиненного устройства включает в себя чтение сегмента данных кадра для проверки команды, которая должна быть выполнена. Сегмент данных кадра имеет 8 битов, так что в целом может быть одна из 256 различных команд, которые должны быть выполнены.

Помимо своего собственного адреса, каждое устройство может быть отнесено к одной или нескольким группам. Общее количество групп равно 16. В случае, если ведущее устройство отправляет кадр с идентификацион-

ным кодом группы в сегменте адреса, ответ приходит от каждого члена этой конкретной группы. Таким образом, существует возможность приблизиться более чем к одному устройству только с одним запросом, в отличие от индивидуального подхода с соответствующим количеством кадров сообщений.

Топология шины DALI обычно включает параллельное соединение всех устройств в одной сети. Термин «сеть» в нашем случае означает формирование не более 64 блоков, источника питания шины DALI, контроллера DALI и, по крайней мере, одного устройства, выступающего в качестве источника света. Этот контроллер может быть подключен к другой обширной системе через другую шину. При условии, что нам нужно управлять более чем 64 устройствами в нашей шине DALI, мы должны расширить ее с помощью другой отдельной шины DALI, соединенной через шлюз, или, в зависимости от обстоятельств, может быть больше систем шин DALI, унифицированных с использованием их ведущих устройств, которые общаются друг с другом по-другому [11].

Данный интерфейс – разработка всех ведущих производителей электронных ПРА и был создан для общения светотехнических систем с использованием единого языка.

DALI определяет принцип коммуникации между DALI-аппаратурой и прибором управления светом. Для данного интерфейса определяются требования к прибору управления в зависимости от типа освещения по принципу «от простого к сложному». В простом случае прибор управления может только включать, выключать и регулировать свет. В сложной же системе можно получать информацию о неисправности ламп и управлять сценой освещения. Для выполнения всех таких задач в продаже имеются разнообразные приборы управления с шиной DALI, начиная от простого модуля до преобразователя (шлюза) между DALI и системой автоматизации здания.

Этот интерфейс признан во всем мире. С 1999 года, когда в продаже появились первые аппараты с данным интерфейсом, он стал успешным мировым стандартом. Многие производители предлагают соответствующие

приборы управления наряду с аппаратами DALI. Для того чтобы подключить к вышестоящим шинным системам, таким как EIB, LON, Ethernet DMX нужно приобрести шлюзы.

DALI можно использовать для всех видов ламп. Учитывая особенности некоторых ламп были созданы различного типа аппараты с дополнительными функциями DALI. Оптимизация функций для регулирования света позволила устанавливать разнообразные лампы в системы освещения.

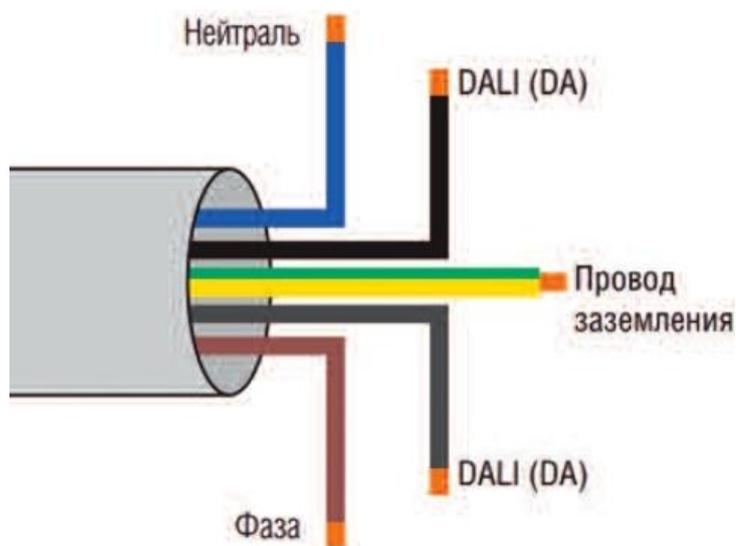


Рисунок 14 – Назначение проводников в линии питания и управления системы DALI

«Коротко об особенностях DALI:

Упрощенный монтаж: не нужно соблюдать полярность +/- линии управления; линия управления и сетевой провод в одном кабеле; не нужно учитывать фазу сетевого напряжения; лампа включается и выключается сигналами управления – внешнее реле не нужно. DALI – это первый стандартизированный адресуемый интерфейс для освещения:

- аппараты DALI можно адресовать:
- индивидуально (макс. 64);
- по группам (макс 16) или
- все вместе.

Присваивание адресов производится лишь при вводе в эксплуатацию – поэтому электромонтаж по группам не требуется.

В аппаратах DALI предусмотрены следующие настройки, которые сохраняются даже при длительном прерывании электроснабжения:

- сцены освещения (макс 16);
- принадлежность к группам;
- индивидуальный адрес;
- скорость регулирования света;
- яркость света при прерывании линии управления, например, в режиме аварийного освещения;
- яркость света после восстановления электроснабжения;
- ограничение минимального и максимального уровня света;
- индивидуальные сообщения о состоянии ламп и аппаратов, например, неисправность лампы, положение светорегулятора и т. д.» [13].

К термину «Система управления светом» (LMS = Light Management System) относится все, что имеет отношение к управлению или регулированию света. Эти системы разделяются на 4 группы:

а) простые системы ручного управления светом, где единственный интеллектуальный компонент это ЭПРА. Данные системы используются для включения, выключения и регулирования света отдельных световых линий или светильников.

б) модули управления для установки в светильники, с помощью которых можно создавать системы не только с ручным управлением, но и с зависимым от дневного света или присутствия освещением. Эти системы применяются в общих или отдельных рабочих кабинетах световых линиях с автоматической регулировкой освещенности, а также в интеллектуальных торшерах для общих рабочих кабинетов.

в) приборы ручного управления или с автоматическим, зависимым от дневного света и присутствия регулированием освещенности в отдельных помещениях. Такие системы применяются в служебных, школьных кабине-

тах, конференц-залах, а также в определенных зонах производственных цехов, гостиниц, ресторанов и общественных зданий

г) системы освещения в зданиях, подключенные в общую шинную систему. В системах автоматизации зданий используются такие шинные системы, как EIB, LON, Ethernet. Данные системы управляют и контролируют все технические функции в зданиях и функции управления светом. Подключение аппаратов DALI к системам вышестоящего уровня производится через шлюзы. Это решение обеспечивает прямой обмен информацией между лампами и техникой автоматизации.

### **1.10 Управление освещением с помощью датчиков**

Опыт показывает, что установка комплексного автоматизированного контроля и управления системами электроосвещения позволяет существенно сэкономить электроэнергию в зданиях.

Например, в Республике Молдова при создании новых и реконструируемых инженерных систем зданий и сооружений уделяется все больше внимания к вопросу об энергосбережении. В связи с этим, существует значительный интерес к зарубежным испытанным методам и разработкам, которые позволяют получить существенную экономию электроэнергии.

Так, большое применение нашло автоматическое управление освещением внутри зданий с использованием специальных датчиков. В Германии уже продвинулись далеко: в стране на федеральном уровне существует закон, который регламентирует обязательную установку в зданиях датчиков присутствия и движения, чтобы уменьшить потребление электрической энергии искусственным освещением. Если не реализовывать такие требования, то невозможно будет спроектировать новое здание или реконструировать существующее с энергосберегающими технологиями.

Рассмотрим принцип работы автоматической системы управления освещением (СУО). Для того, чтобы снизить потребление электроэнергии

существует один из эффективных способов – установка датчиков движения и присутствия. Принцип работы очень простой: они автоматически включают или выключают свет в помещениях в зависимости от интенсивности естественного света или присутствия людей. Благодаря пассивной технологии инфракрасного излучения, встроенные ИР–датчики производят запись тепловой радиации и преобразовывают ее в измеряемый электрический сигнал. Человек излучает тепло, спектр которой находится в инфракрасном диапазоне и человеческий глаз его не видит.

Чтобы определиться с выбором датчика существует таблица 1.10.1. Но нужно учитывать различные факторы: от места предполагаемой установки до нужного сценария работы. «Также нужно учесть дальность действия датчиков и их чувствительность, которая зависит от ряда факторов, способных меняться в зависимости от состояния окружающей среды и других причин:

- диапазон действия
- определение оптимальной диагонали движения человека, чтобы вызвать срабатывание датчика
- влияние сезонных колебаний температуры окружающей среды. В середине лета различие температуры окружающей среды и тела человека будет невелико, в тоже время зимой большая часть поверхности тела человека плотно закрыта одеждой. Такие погодные явления, как снег, дождь и туман, поглощают инфракрасное излучение и могут уменьшить диапазон срабатывания датчика.

Таблица 3 – Основные характеристики датчиков движения и присутствия

Показатель	Датчик движения	Датчик присутствия
Реакция на движения	Реагирует только на активные движения	Улавливает даже небольшое движение
Измерение освещенности	Упрощенное: - прекращается при реагировании датчика и включении искусственного освещения	Точное измерение от естественного и искусственного света; Продолжается при реагировании датчика и включении искусственного освещения

### Продолжение таблицы 3

Включение освещения	Простое включение освещения активируется в зависимости от степени освещенности или движения; Пока присутствует движение, искусственный свет остается включенным	если дневного освещения достаточно (по заданному параметру), искусственное освещение не включится, несмотря на движение; два канала управления: один – включает освещение (в зависимости от естественного освещения и присутствия людей), второй – включает вентилятор или другое ОВК-устройство (в зависимости от присутствия людей); интерфейс присоединения 1–10 В
Место размещения	В помещениях или на улице	идеально подходит для помещений, где люди работают сидя
Пример инсталляции	- вне зданий: дороги, подходы к зданию, лестницы, открытые парковки, подземные автостоянки; - внутри зданий: комнаты / кабинеты или прихожие с малым количеством естественного света или без него, туалеты и помещения 1-го этажа	внутри зданий: индивидуальные кабинеты или офисы с открытой планировкой, школьные кабинеты, конференц-залы, гостиничные номера, туалеты, спортивные залы, лестницы / коридоры с естественным освещением

Благодаря интегрированной стабилизации температурного уровня, датчики максимально компенсируют и сглаживают влияние окружающей среды на работу устройств. После выбора соответствующего датчика при его инсталляции внимание должно быть уделено возможным помехам, таким как:

- растения (деревья, кусты), колышущиеся под влиянием ветра;
- животные (собаки, кошки и т. п.);
- горячие воздушные потоки от вентиляторов или отопительного оборудования;
- электронные источники вмешательства, расположенные в непосредственной близости, например, телевидение и hi-fi-устройства, компьютеры, системы радиосвязи и т. д.;
- источники искусственного освещения, установленные рядом с датчиками» [12].

## 1.11 Умные системы освещения

На сегодняшний день немногие компании готовы предложить систему умного освещения, поэтому рассмотрим предложения от 2-х компаний по освещению складского помещения.

**GreenWarehouse.** Данное освещение предлагает компания Philips. Их система включает в себя три типа светодиодных светильников: Philips Gentle Space для общего освещения открытых пространств и Philips Maxos LED и Philips Pacific LED для стеллажей, а также беспроводную систему управления, что обеспечивает простую настройку и перенастройку зон при необходимости. Светодиодные светильники управляются по протоколу DALI, которая позволяет управлять сбором данных при помощи системы освещения.

Что же еще предлагает данная компания:

- Сокращение энергопотребления благодаря экономичному светодиодному освещению и системе управления;
- сокращение капитальных расходов благодаря решениям «свет как услуга» (LaaS) и Circular Lighting;
- планирование отключений и обслуживания для сокращения количества сбоев и времени простоя;
- повышение производительности труда и оптимизация трудовых затрат за счет улучшения условий работы;
- повышение лояльности заказчиков за счет улучшения эффективности логистических цепочек;
- удобное рабочее место с возможностью легкого изменения зон без замены осветительных приборов;
- соответствие национальным и международным стандартам безопасности;
- безопасные условия труда благодаря хорошему освещению рабочих мест;

- улучшение самочувствия сотрудников благодаря качественному светодиодному освещению;

-соответствие национальным и международным стандартам в области экологии и энергетики.

Система разработана таким образом, чтобы быстро внедрить и установить, будь это новое помещение или подлежащее реконструкции с использованием более эффективного точечного решения. Также есть возможность установить систему и ввести ее в эксплуатацию самостоятельно, или компания может предложить взять этот труд на себя.

**Система AWADA.** AWADA — совместное предприятие компании VARTON, одного из крупнейших и наиболее динамичных производителей светодиодных систем освещения в России и СНГ и компании THRONE systems, резидента Сколково — разработчика инновационной платформы 3D визуализации для рынка Интернета Вещей.

Объединяя обширную экспертизу на светотехническом рынке с 10-летним опытом разработки и внедрения автоматики для интеллектуального здания, они приносят на рынок решение, задающее новый стандарт в простоте, удобстве, функциональности управления современными системами освещения.

Данная система обладает следующими преимуществами:

- Использование для управления освещением приложения на смартфоне/планшете с пользовательским интерфейсом на основе 3D-модели здания

- Автоматический режим работы по датчикам присутствия / освещенности

- Использование датчиков присутствия для включения светильников только при наличии людей в помещении. Использование датчиков освещенности для поддержания заданного уровня освещенности с учетом дневного солнечного света, поступающего из окон

- Возможность составления сценариев и временного расписания, по которому должны работать светильники
- Возможность ручного управления светильников с помощью настенного диммера/ выключателя в обход автоматического управления по датчикам присутствия и освещенности
- Сохранение статистики включений/выключений светильников с последующим построением графиков и оценкой экономии на освещении
- Отображение в приложении оперативной информации о выходе светильников из строя и сохранение этой информации в журнале.
- Возможность составления временного расписания, по которому должна работать система климата
- Возможность настройки через приложение на смартфоне/планшете параметров светильника
- Возможность через приложение на смартфоне/планшете настраивать яркость каждого светильника в помещении, запоминать эту световую сцену, включать ее в будущем одной кнопкой
- Возможность объединять светильники в группу с целью дальнейшего одновременного управления всеми светильниками этой группы.

## **1.12 Выводы по разделу 1**

1. Рассмотрены светотехнические требования, типы и виды освещения, виды ламп, степень защиты светильников, особенности освещения для складского помещения из СНиП 23.05-95, критерии выбора светильника, протоколы управления освещением, датчики движения и присутствия, системы умного освещения.

2. Исходя из вышеописанных достоинств и недостатков принято решение выбрать светодиодные светильники, так как на сегодняшний день они наиболее энергоэффективны. Также исходя из анализа протоколов управления освещением выбрана система DALI, потому что она распространена больше всего и подходит для данного объекта.

3. Выбрана система умного освещения от фирмы AWADA и объясняется это простотой, удобством, функциональностью управления современными системами освещения, а также производителем светодиодных систем освещения является Россия.

Применение всего этого оборудования позволит достичь повышение энергоэффективности складского помещения, окупаемость в течении нескольких лет, продление срока службы светильников и экономию денежных средств после срока окупаемости.

## 2 Предназначение склада и выбор оборудования

Склад - это здание, сооружение и различные устройства, используемые для приема, размещения и хранения полученных товаров, подготовка к использованию и распространению среди потребителей. Основное назначение склада – хранение сырья, продуктов, товаров и других предметов, который обеспечивает соблюдение необходимых условий хранения и оборудовано складским оборудованием, а также конструкциями и приспособлениями, облегчающими разгрузку и погрузку.

Описываемый склад является фармацевтическим, который находится в г. Жигулевск и предназначен для хранения лекарственных средств и других медицинских препаратов. Данный склад отвечает всем требованиям, а именно:

- « - Зона приемки лекарственных средств отделена от зоны их хранения
- Помещения для хранения лекарственных средств оборудованы кондиционерами и другим оборудованием, позволяющие обеспечить хранение лекарственных средств в соответствии с указанными на первичной и вторичной (потребительской) упаковке требованиями производителей лекарственных средств
- В помещениях для хранения лекарственных средств поддерживается определенная температура и влажность воздуха
- В зоне склада установлены стеллажи для хранения лекарственных средств» [12].

В таблице 4 приведены площади помещений.

Таблица 4 – Площадь различных помещений

Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>
Зона приемки	230,91
Зона отгрузки	213,26
Помещение формирования и отгрузки	444,81
Помещение приемки	147
Зона холодного хранения 4-10°С	97,47
Зона холодного хранения 10-15°С	150,52

#### Продолжение таблицы 4

Производственный склад	4511,49
Оптовый склад	1853,74

Склад отвечает санитарно-гигиеническим и противопожарным требованиям, имеет централизованную систему водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции. Также здание изолировано от других, имеет отдельный въезд, охрану, подъездную площадку и рампу для разгрузки товара.

### **2.1 Условия хранения фармацевтических изделий**

Определенные условия хранения должны соблюдаться в складском помещении для хранения товара, в зависимости от их фармацевтического свойства. Для контроля основных параметров условий хранения (температуры и влажности) каждая комната оснащена термометром и гигрометром, которые расположены на внутренних стенах, вдали от отопительного оборудования, на высоте 1,5-1,7 м от земли и 3 м от двери. Проверка температуры и влажности происходит ежедневно, показания прибора записываются ответственным лицом в специальный журнал (карточку). Контрольное оборудование должно быть сертифицировано и откалибровано в установленном порядке.

Для поддержания чистоты воздуха помещение для хранения оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением. В климатических зонах, где температура и влажность значительно отличаются от допустимых норм, помещение для хранения должно быть оборудовано кондиционерами.

Электропроводка, освещение и электрооборудование должны быть взрывобезопасными, а выключатель перемещен во двор. Газовый баллон устанавливается вертикально, а кислородная подушка подвешена рядом с баллоном.

Освещенность – показатель режима хранения, который характеризуется интенсивностью света в помещениях для хранения. Свет, особенно солнечный, отрицательно влияет на срок годности большинства изделий из-за

активации процесса окисления. В связи с этим рекомендуется хранить большинство лекарств в темноте, если это невозможно (например, в торговом зале аптеки), избегать воздействия солнца. Для этого склад размещается в помещении без окон.

## 2.2 Выбор оборудования

Произведем выбор светильников с учетом того, что на складе товар будет храниться на стеллажах. Для этого нам нужны светильники с КСС типа Г, специально предназначенные для освещения межстеллажного пространства. Из каталога [15] выбираем светильник VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440.



Рисунок 15 - светильник VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440

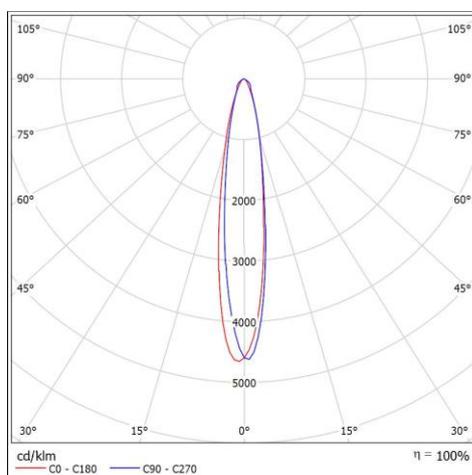


Рисунок 16 – кривая силы света светильника VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440

Таблица 5 – Характеристики светильника VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440

Световой поток, лм	5836
Мощность светильника, Вт	54
Цветовая температура, К	4000
Класс защиты	IP65
Кривая силы света	Г

Выберем светильники для остальных помещений. Так как в этих помещениях открытое пространство, светильники должны быть с косинусной кривой силы света.



Рисунок 17 - светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440

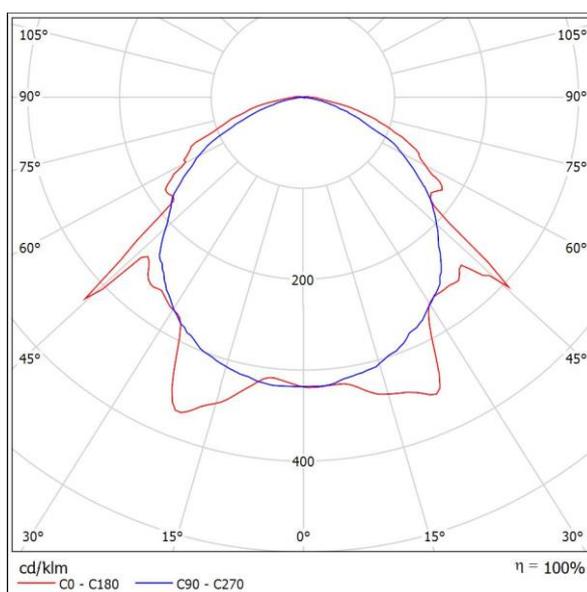


Рисунок 18 - кривая силы света светильника VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440

Таблица 6 – Характеристики светильника VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440

Световой поток, лм	5774
Мощность светильника, Вт	55
Цветовая температура, К	4000
Класс защиты	IP65
Кривая силы света	Д

В программном обеспечении DIALux выберем наши светильники, вставим чертеж с расставленными стеллажами, введем параметры склада и произведем расчет количества светильников.

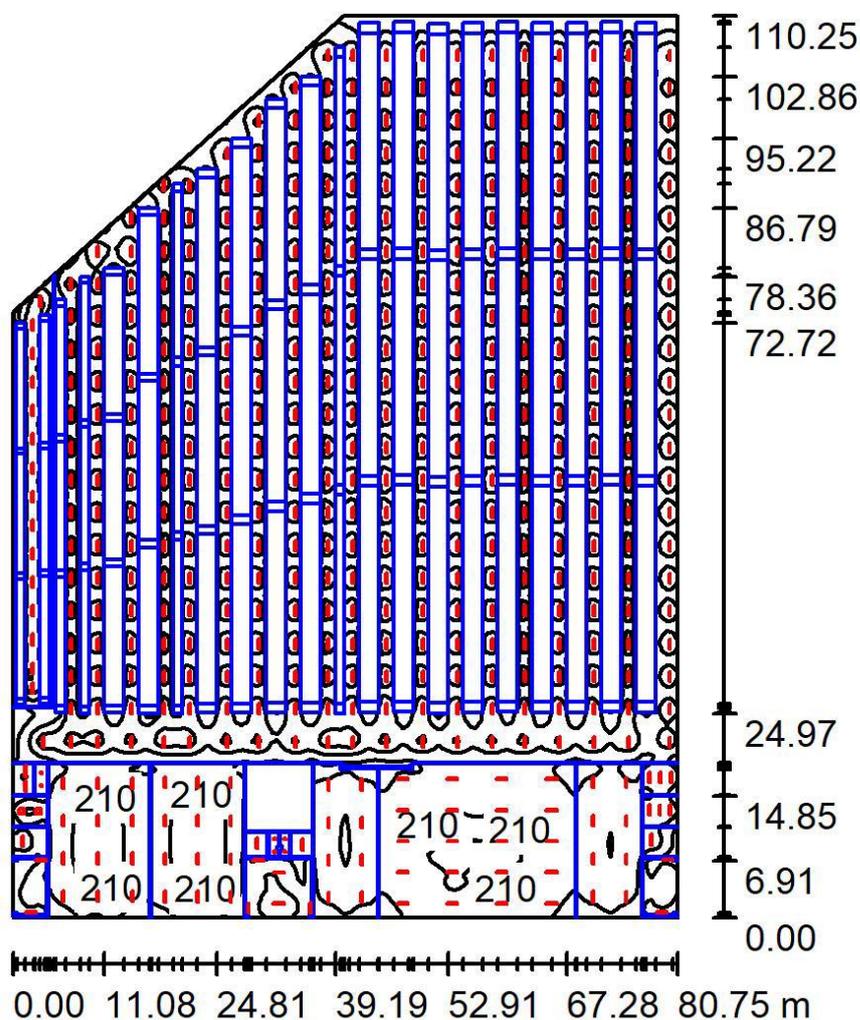


Рисунок 19 – Расположение светильников

Таблица 7 – Полученные значение освещенности склада

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	196	13	325	0.064
Полы	20	120	4.98	305	0.042
Потолок	70	54	4.72	91	0.088
Стенки	50	51	4.29	339	/

В результате проведения расчета получилось, что нужное количество светильников марки VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440 составляет 402 шт., а светильников VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440 – 60 шт.

Чтобы образовать управление светильниками, помимо протокола DALI нужны датчики движения. Вся эта система позволит управлять сценариями светильников, организовать освещение только там, где производится работа.

Из каталога [17] выбираем датчик движения для склада Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP.



Рисунок 20 – Датчик движения Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1

AP

Таблица 8 – Характеристики Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP

Тип сенсора	Инфракрасный
Степень защиты	IP 54
Температурный диапазон	От -20° до +50° С
Напряжение	230-240 В, 50 Гц
Максимальная нагрузка	2000 Вт
Угол охвата датчика	180° при угле раскрытия 45°
Рекомендуемая высота установки	14 м

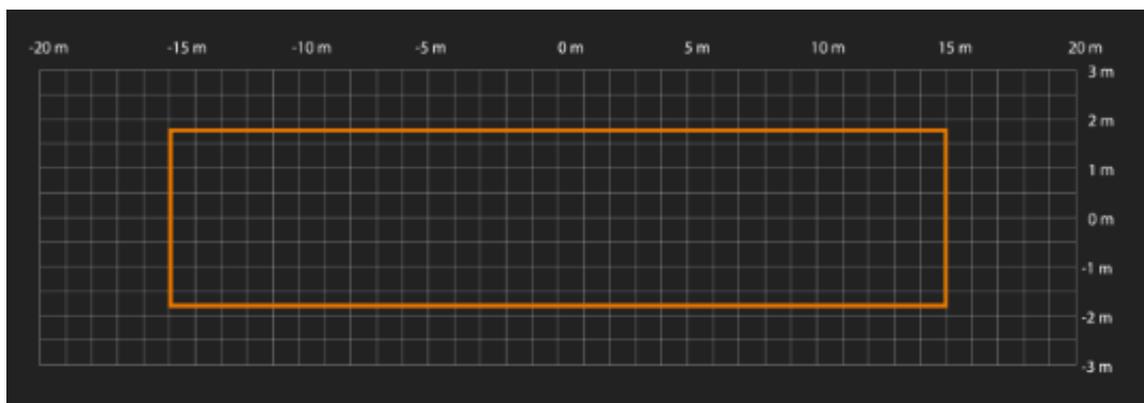


Рисунок 21 – Дальность действия датчика движения

На рисунке 21 видно, что датчик тангенциально срабатывает в диапазоне 30x4 м.

Для остальных помещений выбираем из каталога [18] датчик движения для склада Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP.



Рисунок 22 – Датчик движения Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP

Таблица 9 – Характеристики Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP

Тип сенсора	Инфракрасный
Степень защиты	IP 54
Температурный диапазон	От -20° до +50° С
Напряжение	220-240 В
Максимальная нагрузка	2000 Вт
Угол охвата датчика	360° при угле раствора 180°
Рекомендуемая высота установки	4-14 м

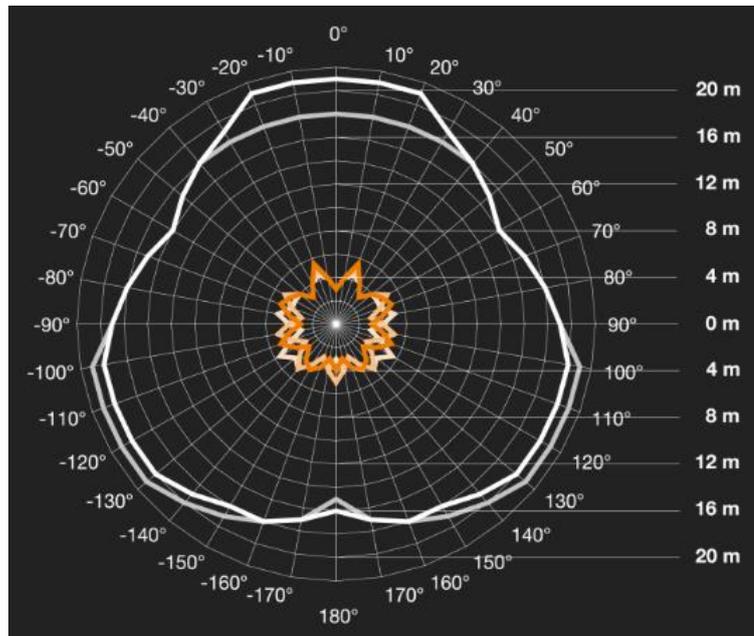


Рисунок 23 – Дальность действия датчика движения

Максимальная площадь срабатывания данного датчика движения составляет 18 м. Расставим датчики движения на модели склада.



Рисунок 24 – Схема расположения датчиков движения

В результате выполнения расположения датчиков получилось, что для установки понадобится 68 штук датчиков движения марки Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP, а Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP – 5 штук.

Чтобы подключить и управлять всей этой сложной системой дополнительно понадобится шкаф AWADA на 512 каналов, настольная сенсорная панель, адаптер подключения датчиков движения, усилитель сигнала DALI. Схема подключения изображена на рисунке 25.

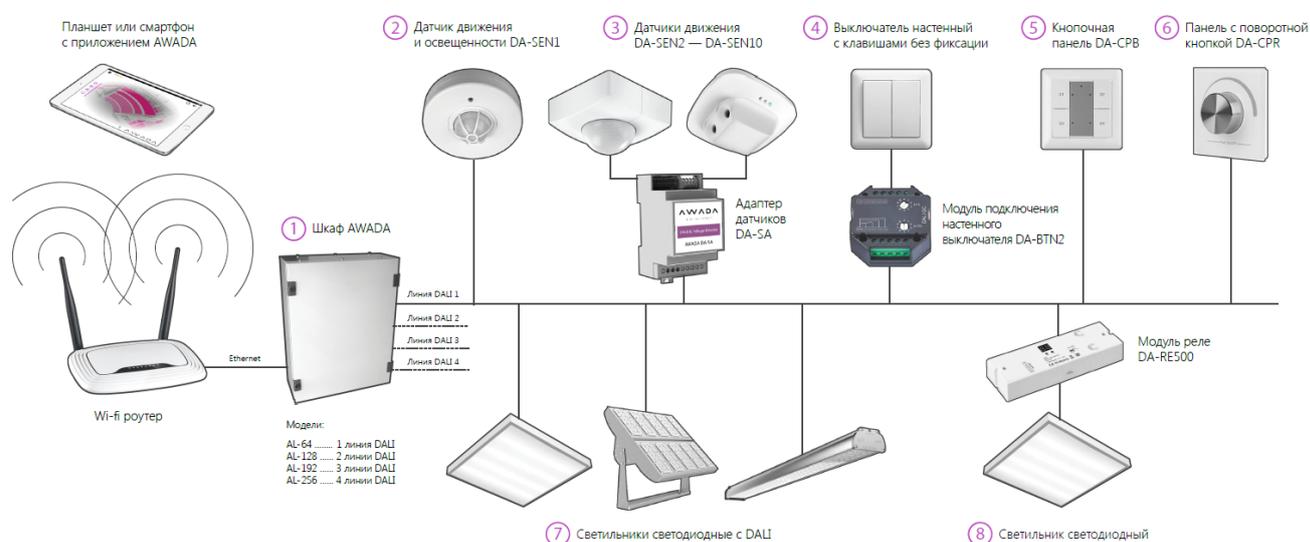


Рисунок 25 – Структурная схема AWADA

Сведем количество и стоимость всей системы в таблицу 10.

Таблица 10 – Наименование и стоимость оборудования

Наименование	Кол-во, шт.	Цена руб.	Сумма, руб.
Светильник VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440	332	4746,50	1575838
Светильник VARTON V1-I0-70072-03A19-6705440 аварийный	70	8397,65	587835,50
Светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440	42	3546,83	148966,86
Светильник VARTON V1-I0-70210-03DA1-6505440 аварийный	18	7197,98	129563,64
Датчик движения Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP	68	4554,27	309690,36
Датчик движения Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP	5	4554,27	22771,35

Продолжение таблицы 10

Шкаф AWADA в сборе на 512 каналов	1	440745,87	440745,87
Сенсорная панель AWADA SP-01 настольная	1	26614,28	26614,28
Адаптер подключения датчиков AWADA DA-SA	39	9649,62	376335,18
Усилитель сигнала DALI DA-REP	4	3911,95	15647,80
Итого:			3642643,44

Итоговая стоимость всего оборудования составила 3 642 643,44 руб.

Для питания и защиты оборудования нужно выбрать кабели и автоматические выключатели. Рабочее освещение будет разделено на 3 щита: ЩО 1.1, 1.2 и 1.3. ЩО 1.1 состоит из 10 питающих линий, суммарная мощность составляет 24,1 кВт. Нагрузка на каждую линию разделена примерно поровну, поэтому можно считать, что средняя нагрузка на линию составляет 2,4 кВт. Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей:

$$I = \frac{P}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (1)$$

$$I = \frac{2,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 3,56 \text{ A.}$$

Выбираем автомат согласно условию:

$$I_{H.A} \geq I_{H.P},$$

$$I_{H.P} \geq I = 3,56 \text{ A.}$$

где,  $I_{H.A}$  - номинальный ток автомата, А;

$I_{H.P}$  - номинальный ток расцепителя, А.

Получаем, что на каждую линию в среднем сила тока составляет 3,56

А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OТКЛ} = 4,5кА$$

где,  $I_{Y(\Pi)}$  - ток срабатывания теплового расцепителя, А;

$I_{Y(K3)}$  - ток срабатывания при КЗ, А;

$I_{OТКЛ}$  - отключающий ток автомата без повреждения, кА.

Выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 5x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для питания освещения.

Произведем расчет для всего ЩО 1.1:

$$I = \frac{24,1}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 35,64 \text{ А}$$

Суммарная сила тока для ЩО 1.1 составляет 35,64 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 50А$$

$$I_{H.P} = 50А$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OТКЛ} = 6кА$$

Также выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 5x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩО 1.1 до распределительных коробок. От ЩО до ЩО 1.1 выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 5x10 с длительно-допустимым током 63 А

Суммарная мощность ЩО 1.2 составляет 2,2 кВт и состоит из 4 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,55 кВт. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{2,2}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 3,25 \text{ A}$$

Суммарная сила тока для ЩО 1.2 составляет 3,25 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{ОТКЛ} = 4,5 \text{ кА}$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,55}{0,23 \cdot 0,98} = 2,44 \text{ A}$$

Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{\text{откл}} = 4,5 \text{ кА}$$

От ЩО до ЩО 1.2 выбираем кабель ВВГнг(А)-LS 5х4 с длительно-допустимым током 36 А. Также выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3х2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩО 1.2 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3х1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Суммарная мощность ЩО 1.3 составляет 2,7 кВт и состоит из 7 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,39 кВт. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{2,7}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 4 \text{ А}$$

Суммарная сила тока для ЩО 1.3 составляет 4 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{\text{н.а}} = 10 \text{ А}$$

$$I_{\text{н.р}} = 10 \text{ А}$$

$$I_{\text{в(п)}} = 1,25 \cdot I_{\text{н.р}}$$

$$I_{\text{в(кз)}} = 2 \cdot I_{\text{н.р}}$$

$$I_{\text{откл}} = 4,5 \text{ кА}$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,39}{0,23 \cdot 0,98} = 1,71 \text{ А}$$

Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6A$$

$$I_{H.P} = 6A$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{ОТКЛ} = 4,5кА$$

От ЩО до ЩО 1.3 выбираем кабель ВВГнг(А)-LS 5x4 с длительно-допустимым током 36 А. Также выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩО 1.3 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Кроме рабочего освещения нужно подключить аварийное освещение, которое состоит из эвакуационного и резервного освещения. Мощность ЩЭО 1.1 составляет 3,3 кВт и состоит из 6 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,55 кВт. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{3,3}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 4,88 A$$

Суммарная сила тока для ЩЭО 1.1 составляет 4,88 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10A$$

$$I_{H.P} = 10A$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{\text{откл}} = 4,5 \text{ кА}$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,55}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,81 \text{ А}$$

Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{\text{н.а}} = 6 \text{ А}$$

$$I_{\text{н.р}} = 6 \text{ А}$$

$$I_{\text{в(п)}} = 1,25 \cdot I_{\text{н.р}}$$

$$I_{\text{в(кз)}} = 2 \cdot I_{\text{н.р}}$$

$$I_{\text{откл}} = 4,5 \text{ кА}$$

От ЩЭО до ЩЭО 1.1 выбираем кабель ППГнг(А)-FRHF 5x4 с длительно-допустимым током 36 А. Также выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩЭО 1.1 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 5x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Мощность ЩЭО 1.2 составляет 0,3 кВт и состоит из 3 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,1. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{0,3}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,44 \text{ А}$$

Суммарная сила тока для ЩЭО 1.2 составляет 0,44 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10A$$

$$I_{H.P} = 10A$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OTKL} = 4,5 \kappa A$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,1}{0,23 \cdot 0,98} = 0,44 A$$

Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6A$$

$$I_{H.P} = 6A$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OTKL} = 4,5 \kappa A$$

От ЩЭО до ЩЭО 1.2 выбираем кабель ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 с длительно-допустимым током 27 А. Также выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩЭО 1.2 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Мощность ЩЭО 1.3 составляет 0,4 кВт и состоит из 4 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,39 кВт. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{0,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,59 \text{ A}$$

Суммарная сила тока для ЩЭО 1.3 составляет 0,59 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OTKL} = 4,5 \text{ kA}$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,39}{0,23 \cdot 0,98} = 1,71 \text{ A}$$

Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OTKL} = 4,5 \text{ kA}$$

От ЩЭО до ЩЭО 1.3 выбираем кабель ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 с длительно-допустимым током 27 А. Также выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩЭО 1.2 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Мощность ЩРО 1.2 составляет 0,08 кВт и состоит из 1 отходящей линии. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{0,08}{0,23 \cdot 0,98} = 0,35 \text{ А}$$

Суммарная сила тока для ЩРО 1.2 составляет 0,35 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10 \text{ А}$$

$$I_{H.P} = 10 \text{ А}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{ОТКЛ} = 4,5 \text{ кА}$$

На отходящую линию выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6 \text{ А}$$

$$I_{H.P} = 6 \text{ А}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{ОТКЛ} = 4,5 \text{ кА}$$

От ЩРО до ЩРО 1.2 выбираем кабель ВВГнг(А)-LS 5x2,5 с длительно-допустимым током 27 А. Также выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 с длительно-допустимым током 27 А для прокладки каждой линии от ЩРО 1.2 до распределительных коробок, а далее выбираем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 с длительно-допустимым током 21 А для подключения светильников.

Мощность ЩРО 1.3 составляет 0,4 кВт и состоит из 4 отходящих линий, средняя мощность на каждую составляет 0,2 кВт. Произведем расчет рабочего тока:

$$I = \frac{0,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,59 \text{ A}$$

Суммарная сила тока для ЩРО 1.2 составляет 0,62 А. Выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 10 \text{ A}$$

$$I_{H.P} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{H.P}$$

$$I_{OTKL} = 4,5 \text{ kA}$$

Рассчитаем рабочий ток для выбора автоматических выключателей на отходящие линии:

$$I = \frac{0,2}{0,23 \cdot 0,98} = 0,3 \text{ A}$$

Для отходящей линии выбираем автомат Schneider Electric:

$$I_{H.A} = 6 \text{ A}$$



Таблица 11 – Результаты расчета токов, выбор кабелей и автоматов

Наименование щита	Расчетный ток, А			Марка кабеля и рабочий ток, А	Ном. ток автоматических выключателей, А	
	Ввод 3Р	Отходящие линии			Ввод	Отход.
		1Р	3Р			
ЩО 1.1, 10 групп	35,64	-	3,56	ВВГнг(А)-LS 5x10 – 63 ВВГнг(А)-LS 5x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 5x1,5 – 21	50	10
ЩО 1.2, 4 группы	3,25	2,44	-	ВВГнг(А)-LS 5x4 – 36 ВВГнг(А)-LS 3x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x1,5 – 21	10	6
ЩО 1.3, 7 групп	4	1,71	-	ВВГнг(А)-LS 5x4 – 36 ВВГнг(А)-LS 3x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x1,5 – 21	10	6
ЩЭО 1.1, 6 групп	4,88	-	0,81	ППГнг(А)-FRHF 5x4 – 36 ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 – 27 ППГнг(А)-FRHF 5x1,5 – 21	10	6
ЩЭО 1.2, 3 группы	0,44	0,44	-	ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 – 27 ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 – 27 ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 – 21	10	6
ЩЭО 1.3, 4 группы	4	1,71	-	ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 – 27 ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 – 27 ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 – 21	10	6
ЩРО 1.2, 1 группа	0,35	0,35	-	ВВГнг(А)-LS 5x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x1,5 – 21	10	6
ЩРО 1.3, 2 группы	0,59	0,3	-	ВВГнг(А)-LS 5x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x2,5 – 27 ВВГнг(А)-LS 3x1,5 – 21	10	6

Требования ПУЭ гласят: «совместная прокладка проводов и кабелей групповых линий рабочего освещения с групповыми линиями освещения безопасности и эвакуационного освещения не рекомендуется.

Допускается их совместная прокладка на одном монтажном профиле, в одном коробе, лотке при условии, что приняты специальные меры, исключающие возможность повреждения проводов освещения безопасности и эвакуационного при неисправности проводов рабочего освещения, в корпусах и штангах светильников.

Светильники рабочего освещения, освещения безопасности или эвакуационного освещения допускается питать от разных фаз одного трехфазного шинпровода при условии прокладки к шинпроводу самостоятельных ли-

ний для рабочего освещения и освещения безопасности или эвакуационного освещения» [14].

В связи с этим кабели рабочего и аварийного освещения должны быть проложены отдельно друг от друга и запитаны от разных шкафов, что и сделано.

### **2.3 Выводы по разделу 2**

1. Описано назначение склада и его характеристики в виде площадей помещений, расписаны условия хранения фармацевтических изделий, выбрано оборудование и произведен расчет освещения.

2. Система освещения построена на основе AWADA. Так как склад имеет зону стеллажного хранения и помещения приемки, отгрузки и т. д., то для установки приняты два вида светильников: для зоны стеллажного хранения светильник VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440, для остальных помещений - светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440. В программном обеспечении DIALux выбраны и расставлены светильники, введены параметры склада. Расчет показал, что количество светильников должно быть 402 шт. в зоне стеллажного хранения, а в других 60 шт. При этом средняя освещенность составила 196 лк.

Чтобы светильники управлялись по группам выбраны датчики движения Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP для зоны стеллажного хранения с тангенциальным срабатыванием в диапазоне 30x4 м, а для остальных помещений – датчик движения Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP с тангенциальным срабатыванием в диапазоне 18 м. В результате расстановки датчиков в зоне стеллажного хранения получилось, что нужное количество составляет 68 шт., а остальных помещениях – 5 шт.

Для того, чтобы подключить все оборудование и управлять им дополнительно понадобится шкаф AWADA на 512 каналов, настольная сенсорная панель, адаптер подключения датчиков движения, усилитель сигнала DALI.

Итоговая стоимость всего оборудования составила 3 642 643,44 руб. без учета монтажа. Приятным бонусом является то, что в эту стоимость системы включена стоимость работ по первоначальной настройке данной системы и обучению эксплуатации.

3. Рассчитаны рабочие токи и выбраны кабели марки ВВГнг(А)-LS ВВГнг(А)-LS 5x10, ВВГнг(А)-LS 5x4, ВВГнг(А)-LS 5x2,5, ВВГнг(А)-LS 5x1,5, ВВГнг(А)-LS 3x2,5, ВВГнг(А)-LS 3x1,5 для рабочего и резервного освещения, а также кабели марки ППГнг(А)-FRHF 5x4, ППГнг(А)-FRHF 5x2,5, ППГнг(А)-FRHF 5x1,5, ППГнг(А)-FRHF 3x2,5, ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 для аварийного освещения. Для защиты оборудования выбраны автоматические выключатели марки Schneider Electric с различными номинальными токами.

Применение на складе такого оборудования позволит производить не только гибкую настройку освещения, но и существенно снизить затраты на электроэнергию.

### 3 Технико-экономический расчет освещения склада

Для того, чтобы оценить экономический эффект от внедрения системы умного освещения, произведем технико-экономический расчет, где для сравнения, будут рассмотрены два варианта управления светильниками на основе светодиодных ламп: 1 вариант – это классическое управления клавишными выключателями и 2 – с помощью системы освещения.

#### 3.1 Расчет расходов на электроэнергию при классическом управлении освещения

Произведем расчет для 1 варианта. Формула для расчета потребляемой электроэнергии в год выглядит следующим образом:

$$W_{осв} = T_{сут} \cdot N_{сут} \cdot P_{осв}. \quad (2)$$

где  $T_{сут}$  – количество часов работы светильника в рабочие сутки;

$N_{сут}$  – количество рабочих суток в год;

$P_{осв}$  – суммарная потребляемая мощность для помещения;

Суммарную потребляемую мощность можно рассчитать по следующей формуле:

$$P_{осв} = K_{пра} \cdot N_{л} \cdot P_{л}. \quad (3)$$

где  $K_{пра}=1,1$  – потери мощности в светодиодных драйверах;

$N_{л}$  – количество светильников в помещении;

$P_{л}$  – мощность светильника, Вт.

Произведем расчет суммарного потребления электроэнергии для зоны стеллажного хранения. Здесь были приняты к установке светильники

VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440 мощностью 54 Вт в количестве 402 шт., поэтому:

$$P_{осв} = 1,1 \cdot 402 \cdot 54 = 23,88 \text{ кВт},$$

$$W_{осв} = 12 \cdot 365 \cdot 23878,8 = 104589,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Итак, суммарная потребляемая мощность составила 104589,14 кВт/ч. Рассчитаем аналогично потребление электроэнергии в остальных помещениях.

Таблица 12 – Расчет потребления электроэнергии в других помещениях

Наименование	Кол-во, шт.	$P_{осв}$ , кВт	$W_{осв}$ , кВт/ч
Светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440	60	3,56	15610,32

Итак, суммарная потребляемая мощность составила 15610,32 кВт. Определим суммарное потребление всех помещений:

$$W_{осв.общ} = \sum W_{осв}, \quad (4)$$

$$W_{осв.общ} = 104589,14 + 15610,32 = 120199,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

По итогу расчета получается, что на освещение в год тратится 120,2 МВт/ч электроэнергии. Произведем расчет, позволяющий определить расходы в денежном эквиваленте. Цена за МВт/ч составляет 4000 руб., следовательно, затраты на потребление электроэнергии за один год можно получить из следующей формулы:

$$C_{осв} = W_{осв} \cdot C_{уд}, \quad (5)$$

$$C_{осв} = 120,2 \cdot 4000 = 480797,8 \text{ руб.}$$

Затраты на освещение такого склада составит 480797,8 руб. до установки системы с автоматизированным управлением светильников. Теперь рассчитаем затраты на электроэнергию после установки системы умного освещения.

### **3.2 Расчет расходов на электроэнергию после установки системы умного освещения**

Расчет будет проводиться также для зоны стеллажного хранения и других помещений по отдельности за один год. Склад оборудован под стеллажное хранение и все светильники в количестве 402 шт. управляются с помощью датчиков движения. В дежурном режиме, т.е. когда светильники отключены, датчики потребляют около 0,2 Вт, а во включенном – 0,5 Вт. Получается, что в зоне стеллажного хранения при выключенных светильниках потребление всеми 68 датчиками составит 13,6 Вт, а при включенных – 34 Вт. В остальных помещениях всего 5 датчиков, поэтому потребление составит 1 Вт и 2,5 Вт соответственно.

Мощность, потребляемая одним светильником в зоне стеллажного хранения в рабочем режиме:

$$P_{осв.раб} = P_{ном} \cdot K_{пра}, \quad (6)$$

$$P_{осв.раб} = 54 \cdot 1,1 = 59,4 \text{ Вт.}$$

Необходимо определить время работы светильников в дежурном и рабочем режиме за смену. Светильники распределены на группы, чтобы осветить отдельно взятые пролеты между стеллажами. Рабочий день сотрудников склада составляет с 08:00 до 20:00. Загруженность смены примем среднюю, и тогда в рабочем состоянии каждая группа светильников будет находится

примерно 30% от всего рабочего дня и составит примерно 3,5 часа. Получается, что время работы светильников в дежурном режиме составит 8,5 часов.

В итоге, в рабочий день один светильник будет потреблять 59,4 Вт на протяжении 3,5 часов, исходя из этого получаем электропотребление одного светильника за год составляет:

$$W_{год.свет} = P_{раб} \cdot T_{раб} \cdot 365, \quad (7)$$

$$W_{год.свет} = 59,4 \cdot 3,5 \cdot 365 = 75,88 \text{ кВт} / \text{ч}.$$

$P_{раб}$  – мощность светильника в рабочем режиме,

$T_{раб}$  – время работы светильника в рабочем режиме.

Потребление электроэнергии в год одного светильника составляет 75,88 кВт/ч, в зоне стеллажного хранения установлено 402 светильника и электропотребление всего освещения в год составит:

$$W_{з.стел} = W_{год.свет} \cdot N, \quad (8)$$

$$W_{з.стел} = 75,88 \cdot 402 = 30503,76 \text{ кВт} / \text{ч}.$$

Следовательно, осветительная нагрузка в зоне стеллажного хранения после установки системы умного освещения будет потреблять 30503,76 кВт/ч электроэнергии в год.

Рассчитаем аналогично энергопотребление для остальных помещений и всех датчиков. Результаты сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Потребление светильников и датчиков

Наименование	Кол-во, шт.	Потребление в дежурном режиме в год, кВт/ч	Потребление рабочем режиме в год, кВт/ч
Светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440	60	-	4599
Датчик движения Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP	68	42,19	43,43

### Продолжение таблицы 13

Датчик движения Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP	5	3,1	3,19
---	---	-----	------

Суммарная осветительная нагрузка всего склада в год составляет:

$$W_{\text{склад}} = 30503,76 + 42,19 + 3,1 + 4599 + 43,43 + 3,19 = 35194,67 \text{ кВт} / \text{ч.}$$

Итак, осветительная нагрузка всех помещений склада составляет 35,19 МВт/ч. Произведем расчет годовых затрат логистического центра на осветительную нагрузку. Цена за МВт/ч электроэнергии составляет все те же 4000 руб. без НДС. Итак, затраты на потребление электроэнергии за один год можно получить из следующей формулы:

$$C_{\text{осв}} = W_{\text{склад}} \cdot C_{\text{уд}}, \quad (9)$$

$$C_{\text{осв}} = 35,19 \cdot 4000 = 140760 \text{ руб.}$$

В итоге, затраты предприятия после установки системы умного освещения за один год составляет 140760 руб.

### 3.3 Расчет экономии и срока окупаемости

В результате произведенных расчетов было выявлено, что в год на освещение тратится 480797,8 руб. с применением классического управления клавишными выключателями, а после установки системы умного освещения в год затрачивается 140760 руб.

Располагая такими данными, можно рассчитать экономический эффект от внедрения такой системы по следующей формуле:

$$C_{\text{эко}} = C_{\text{осв.год.1}} - C_{\text{осв.год.2}}, \quad (10)$$

$$C_{\text{эко}} = 480797,8 - 140760 = 340037,8 \text{ руб.}$$

где  $C_{\text{осв.год.1}}$  – затраты на электропотребление осветительной нагрузки в год до внедрения системы автоматизации освещения;

$C_{\text{осв.год.2}}$  – затраты на электропотребление осветительной нагрузки в год после внедрения системы автоматизации освещения.

Таким образом, экономический эффект в год составляет 340037,8 руб., что в процентном соотношении составляет 70,72%.

Рассчитаем срок окупаемости:

$$T = \frac{C_{\text{об.}}}{C_{\text{эко}}}, \quad (11)$$

$$T = \frac{3642643,44}{340037,8} \approx 11 \text{ лет.}$$

где  $C_{\text{об}}$  – стоимость оборудования, рассчитанная в таблице 10.

Срок окупаемости составила примерно 11 лет. В расчете не учитывались монтажные работы и изменение цены на электроэнергию в последующие года. На рисунке 27 изображен график окупаемости по годам.

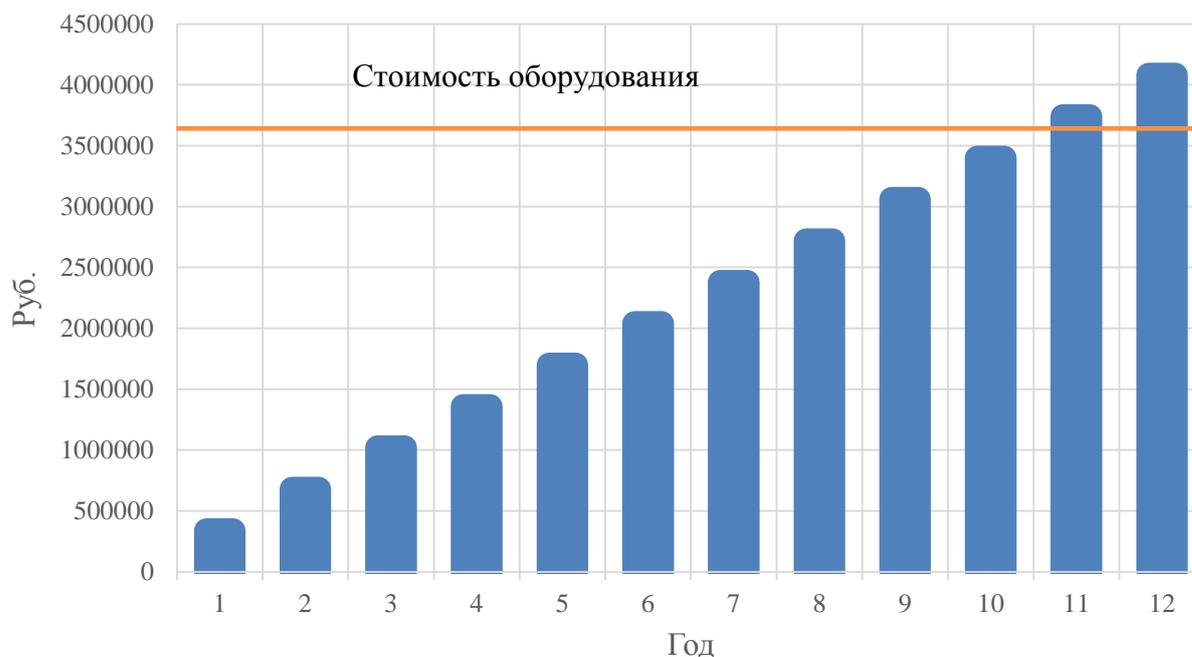


Рисунок 27 – График окупаемости по годам

Как видно из расчетов, в результате установки системы умного освещения удастся снизить до 50-70% затраты на освещение по сравнению с использованием традиционных выключателей. Это всего лишь один из вариантов режима работы светильников. Конечно в действительности они будут работать по-разному, но такая система позволит освещать только те рабочие зоны, где работают люди и нет необходимости включать все светильники, как в случае с обычным освещением, а также в дальнейшем она окупится и будет приносить предприятию выгоду.

### 3.4 Выводы по разделу 3

1. По результатам расчета затрат на электроэнергию при классическом управлении клавишными выключателями получилось, что потребление составляет 120,2 МВт/ч в год. В денежном эквиваленте это составляет 480797,8 руб. в год. Во втором варианте, где используются датчики движения, протокол DALI и система AWADA, на электроэнергию затрачивается 35,19 МВт/ч в год и 140760 руб.

2. Рассчитан экономический эффект от внедрения такой системы, который составил 340037,8 руб., что в процентном соотношении составляет 70,72%. Затем произведен расчет срока окупаемости оборудования, который составляет примерно 11 лет.

Средняя одновременная занятость помещений будет постоянно меняться в зависимости от загруженности смены, поступления, разгрузки и погрузки товара и т. д. Все эти факторы несомненно влияют на режимы работы светильников.

3. Данная система позволяет в реальном времени отслеживать потребление электроэнергии, а если нужно, то и управлять светильниками, настраивать определенные сценарии, отключать нужную группу для замены, очистки, ремонта светильника или датчика движения.

## Заключение

Каждый владелец предприятия задумывается о рациональном использовании электроэнергии, независимо от того, действующее оно или строящееся. Кроме того, компании, которые до сих пор используют освещение на основе люминесцентных ламп, расходуют деньги не только на содержание их в отдельном помещении, но и на утилизацию, так как в их составе присутствуют пары ртути, которые опасны для человека. Появление светодиодных технологий позволило избавиться от токсичности, работают в широком диапазоне окружающей температуры, светят ярче, потребляют меньше, не мерцают, срок службы составляет 50 тыс. часов, а некоторые производители заявляют о работе до 100 тыс. часов.

Большое количество владельцев складских помещений предпочитают устанавливать светодиодные светильники. Выгода от их использования на складе очень существенная. Во-первых, большинство складов работают в режиме работы 24/7, которые обеспечивают своих потребителей потоком различной продукции. Тем самым, они отличаются от офисных помещений, спортзалов, магазинов, которые не работают по ночам и выходным, соответственно, освещение не используется. Во-вторых, доля освещения на складе преобладает в суммарном потреблении электроэнергии, в отличие от многих производств, где помимо освещения используются энергоемкие оборудования (конвейеры, обрабатывающие станки, сварочное оборудование и т. д.). В этом случае в общем суммарном потреблении электроэнергии освещение будет иметь меньшую долю.

Обе эти причины привели к использованию светодиодного освещения на новых складах или для модернизации существующих складов на первый план, так как использование технологии полупроводникового освещения может обеспечить наибольший эффект. В данной ВКР рассмотрено проектирование освещения для фармацевтического складского комплекса с использованием современных энергоэффективных технологий. Система освещения

основана на протоколе DALI, который позволяет управлять как группами светильников, так и по отдельности, настраивать определенные сценарии освещения, а также выявить неисправность светильника, сбой и т. д. Установленная система умного освещения AWADA позволяет: использовать для управления освещением приложения на смартфоне/планшете с пользовательским интерфейсом на основе 3D-модели здания; использовать датчики присутствия для включения светильников только при наличии людей в помещении; сохранять статистики включений/выключений светильников с последующим построением графиков и оценкой экономии на освещении; настроить через приложение на смартфоне/планшете параметры светильника, настраивать яркость каждого светильника в помещении, запоминать эту световую сцену, включать ее в будущем одной кнопкой и т.д.

В качестве освещения установлены светильники марки VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440 в количестве 402 шт. по результатам расчета в программе DIALux и 68 датчиков движения марки Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP для зоны стеллажного хранения. Для открытых помещений выбраны светильники марки VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440 в количестве 60 шт. и 5 датчиков движения марки Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARE COM1 AP. Средняя освещенность составила 196 лк.

Для подключения всего оборудования и управления дополнительно установлены шкаф AWADA на 512 каналов, настольная сенсорная панель, адаптер подключения датчиков движения, усилитель сигнала DALI. Итоговая стоимость всего оборудования составила 3 642 643,44 руб. без учета монтажа. Приятным бонусом является то, что в эту стоимость системы включена стоимость работ по первоначальной настройке данной системы и обучению эксплуатации.

Произведен расчет рабочих токов для всего освещения и выбраны кабели марки ВВГнг(А)-LS ВВГнг(А)-LS 5x10, ВВГнг(А)-LS 5x4, ВВГнг(А)-LS 5x2,5, ВВГнг(А)-LS 5x1,5, ВВГнг(А)-LS 3x2,5, ВВГнг(А)-LS 3x1,5 для рабочего и резервного освещения, а также кабели марки ППГнг(А)-FRHF 5x4,

ППГнг(А)-FRHF 5x2,5, ППГнг(А)-FRHF 5x1,5, ППГнг(А)-FRHF 3x2,5, ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 для аварийного освещения. Для защиты оборудования выбраны автоматические выключатели марки Schneider Electric с различными номинальными токами.

В технико – экономическом расчете приведены 2 варианта управления светильниками: в первом использованы традиционные клавишные выключатели, а во втором – автоматизированная система управления освещением. В результате расчета в 1 варианте освещение потребляет 120,2 МВт/ч электроэнергии в год, а на пересчет в денежном эквиваленте - 480797,8 руб. Во 2 варианте в год освещение будет потреблять 35,19 МВт/ч и 140760 руб. Экономический эффект в год составляет 340037,8 руб., что в процентном соотношении составляет 70,72%. Срок окупаемости составляет не более 11 лет. По итогам расчетов получается, что режим работы светильников существенно влияет на потребление электроэнергии.

Система умного освещения позволит эффективно использовать освещение, светильники будут включаться там, где люди будут работать, а все остальные работать в дежурном режиме. Кроме этого, система окупится и будет приносить выгоду предприятию.

Также данная система в реальном времени может отслеживать потребление электроэнергии, а если нужно, то и управлять светильниками, настраивать определенные сценарии, отключать нужную группу для замены, очистки, ремонта светильника или датчика движения. Также с помощью этой системы можно выставлять определенные параметры освещения, получать информацию о вышедших из строя светильников, сбоях и неполадках.

## Список используемых источников

1. Кодряну К. Электрическое освещение. Кишинеу: Изд-во «TEHNICA-INFO», 2013. 400 с.
2. SWOT анализ по теме «Лампы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://neretina-iv.my1.ru/publ/1-1-0-54>, свободный. – (дата обращения: 02.12.2018).
3. СНиП 23.05-95. Естественное и искусственное освещение.
4. Освещение логистических комплексов и складов [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.mdm-light.ru/solutions/osveshchenie-logisticheskikh-kompleksov-i-nbsp-i-nbsp-skladov>, свободный. – (дата обращения: 14.12.2018).
5. Современные требования к освещению склада [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://zakonrus.ru/vlad\\_st/sto\\_s.htm](http://zakonrus.ru/vlad_st/sto_s.htm), свободный. – (дата обращения: 16.01.2019).
6. Как правильно выбрать светильник для складских помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://1posvetu.ru/istochniki-sveta/vybor-svetilnika-dlya-sklada.html>, свободный. – (дата обращения: 20.03.2019).
7. Khaliq A., Fahad R., Shafique J., Iqbal M. Study of Energy Saving in a Commercial Setup by Replacing Conventional Bulbs with LED Lights // International Journal of Advancements in Technology. 2017. Vol. 8. PP. 1-5.
8. Castillo-Martinez A., Medina-Merodio J.-A., Gutierrez-Martinez J.-M., Aguado-Delgado J., de-Pablos-Heredero C., Otón S. Evaluation and Improvement of Lighting Efficiency in Working Spaces // sustainability. 2018. PP.1-16
9. Трофимов Э. Особенности освещения складов светодиодными светильниками и методики расчета окупаемости // Полупроводниковая светотехника. 2015. №1. С. 64-71.
10. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

11. Sysala T., Pribyslavsky J., Neumann P. Using microcomputers for lighting appliance control using a DALI bus // 20th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers. 2016. Vol. 76. PP. 1-6

12. Требования к фармацевтическому складу для лицензирования фармацевтической деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://vk-licenzii.ru/licenz/15-litsenzirovanie/trebovaniya-k-farmatsevticheskomu-skladu-dlya-litsenzirovaniya-farmatsevticheskoy-deyatelnosti-farmsklad-trebovaniya.html>, свободный. – (дата обращения: 21.07.2019).

13. Обзор протоколов управления освещением [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.russianelectronics.ru/leaderr/review/2195/doc/5-8067/>, свободный. – (дата обращения: 14.09.2019).

14. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 1999-2005.

15. Светильник VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://lumsearch.com/en/article/NzxLM1TxQ8i\\_P-Po6fGRPcA](https://lumsearch.com/en/article/NzxLM1TxQ8i_P-Po6fGRPcA), свободный. – (дата обращения: 20.09.2019).

16. Светильник VARTON V1-I0-70210-03D01-6505440 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://lumsearch.com/en/article/bzyeMpZcQZC-tB7ObM pIphQ?\\_Y=100](https://lumsearch.com/en/article/bzyeMpZcQZC-tB7ObM pIphQ?_Y=100), свободный. – (дата обращения: 20.09.2019).

17. Датчик движения Steinel IS 345 MX Highbay SQUARE COM1 AP [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://steinel.su/catalog/dlja-skladov/is-345-mx-highbay-square-com1-ap-010492/>, свободный. – (дата обращения: 20.09.2019).

18. Датчик движения для склада Steinel IS 3360 MX Highbay SQUARECOM1 AP [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://steinel.su/catalog/datchiki\\_knx\\_dlja\\_skladov/is-3360-mx-highbaysquarecom1-ap-033569/](http://steinel.su/catalog/datchiki_knx_dlja_skladov/is-3360-mx-highbaysquarecom1-ap-033569/), свободный. – (дата обращения: 20.09.2019).

19. Котов В. К., Пульцин Е. Е. Влияние энергоэффективных систем освещения на показатели качества электрической энергии // Электронный сборник студенческих работ всероссийской научно-практической междисци-

плинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество». Тольятти. 2018. С.689-690.

20. Неборак А. В., Пульцин Е. Е., Мокеев П. Н. Автоматизация системы освещения общественных зданий// Электронный сборник студенческих работ всероссийской научно-практической междисциплинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество». Тольятти. 2018. С.697-698.

21. Пульцин Е. Е., Котов В. К., Неборак А. В. Освещение складских помещений// Электронный сборник студенческих работ всероссийской научно-практической междисциплинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество». Тольятти. 2018. С.705.

22. Karmakar A., Das S., Ghosh A. Energy Efficient Lighting by Using LED Vs. T5 Technology // IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering. 2016. Vol. 11. PP. 47-48.

23. Ali Özçelik M. The Design and Comparison of Central and Distributed Light Sensored Smart LED Lighting Systems // 2018. PP. 1-14

24. Божков М. И., В. Н. Костин. Установки электрического освещения//Учебно-методический комплекс для студентов бакалавриата направления 13.03.02. СПб. 2016. 120 с.

25. Светодиодная система освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://awada.ru/>, свободный. – (дата обращения: 15.02.2020).

26. Анализ протоколов управления освещением / Пульцин Е. Е. [и др.] // V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Тольятти. 2019. С.114-117.

27. Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2015. - 107 с. : ил. - Библиогр.: с. 78-79. - Прил.: с. 80-107. - ISBN 978-5-8259-0906-6

28. Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] :

учеб. пособие / Н. К. Полуянович. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 396 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1201-3

29. Коробов Г. В. Электроснабжение [Электронный ресурс] : Курсовое проектирование : учеб. пособие / Г. В. Коробов, В. В. Картавец, Н. А. Черемисинова ; под общ. ред. Г. В. Коробова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1164-1.

30. Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 78 с. : ил. - Библиогр.: с. 76-78. - ISBN 978-5-8259-0929-5