

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки)
Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка энергосберегающей системы освещения»

Студент	<u>И.В. Федосеев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Ю.В. Черненко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы	<u>к.т.н. А.Н. Черненко</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
« _____ »	_____ 20 _____ г.		

Допустить к защите

Заведующий кафедрой	<u>д.т.н., профессор В.В. Вахнина</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
« _____ »	_____ 20 _____ г.		

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Анализ системы освещения на производстве.....	5
1.1 Описание помещений и состояния системы освещения.....	5
1.2 Нормирование освещения.....	9
1.3 Оборудование, необходимое для аудита системы освещения.....	13
1.4 Расчет годового потребления электроэнергии освещением.....	13
1.5 Выводы по разделу 1.....	29
2 Разработка энергоэффективной системы освещения на производстве	30
2.1 Выбор источника света.....	30
2.2 Выбор системы освещения.....	32
2.3 Выбор норм освещения.....	37
2.4 Расчет общего освещения методом коэффициентов с учетом новых светильников.....	42
2.5 Аварийное освещение.....	55
2.6 Выбор щитка и распределение нагрузки по фазам.....	55
2.7 Расчет и выбор пускорегулирующей аппаратуры.....	59
2.8 Выводы по разделу 2.....	62
3 Технико-экономическое обоснование проекта.....	64
3.1 Расчет экономии в натуральном эквиваленте.....	64
3.2 Расчет окупаемости.....	80
3.3 Выводы по разделу 3.....	82
Заключение.....	83
Список используемых источников.....	84

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в России на освещение тратится 15—17% производимой за год электроэнергии, что составляет 150—170 млрд. кВт-час. В частности, в производстве 20-40% затрат от общего потребления электроэнергии приходится на освещение, следовательно, следует стремиться к уменьшению потребления электроэнергии светильниками, этого можно добиться благодаря оптимизации режимов работы осветительных установок на производстве. Для внедрения энергоэффективного освещения требуется не только замена устаревших светильников на более современные с диодными источниками света, но и использование систем управления освещением. Данные системы помогут сэкономить ~50%-70% электроэнергии.

Вопросы энергосбережения и энергоэффективности являются очень важными и приоритетными. Потребность современного общества в энергии непрерывно растет, что в свою очередь ведет к быстрому сокращению не возобновляемых источников, ухудшению экологии, изменению климата, росту экономических затрат на поддержание работоспособности не энергоэффективной инфраструктуры. Кроме того, внедрение современных энергосберегающих методик является определяющим в вопросе конкурентного преимущества экономики как отдельно взятого предприятия, так и страны в целом.

Существует множество способов увеличить энергоэффективность системы освещения:

1. Выбор энергоэффективных источников света.
2. Выбор светильников с высокой энергоэффективностью и специальными конструктивными решениями, позволяющими освещать требуемую зону.
3. Повышения коэффициента отражения в помещении для увеличения коэффициента использования светильников.

4. Организация интеллектуальной системы управления освещением.
5. Использование естественного освещения.
6. Проектирование системы освещения согласно требованиям норм освещенности.

Современные технологии позволяют управлять работой светильников в реальном времени, позволяют осуществлять освещение только рабочей зоны требуемым световым потоком. Оптимизация работы светильников экономит 30-40% электроэнергии затрачиваемой на освещение.

Цель диссертации: повышение энергоэффективности за счет энергосберегающих систем освещения.

Задачи:

- 1) Анализ системы освещения волжского светотехнического завода ЛУЧ
- 2) Разработка энергоэффективной системы освещения волжского светотехнического завода ЛУЧ.
- 3) Технико-экономическое обоснование разработанного проекта энергоэффективной системы освещения.

1 Анализ системы освещения на производстве

1.1 Описание помещений и состояния системы освещения

Волжский светотехнический завод луч занимается производством светильников. Производство поделено на несколько зон и помещений. В каждой из зон был произведен замер освещенности прибором Люксметр Эколайт-02. На производстве применяются светильники люминесцентные, для производственных помещений и складских зон светильники INDUSTRY 454 X, INDUSTRY 154 X, INDUSTRY 180 X, INDUSTRY 280 X, для офисных помещений светильник SHINE 418 R IP20. В данных светильниках используются лампы T5 серии Phillips Master TLS и T5 серии Phillips Master TLS и T8 серии Phillips Master TL-D Super. План завода с обозначение помещений представлен на рисунке 1.1.

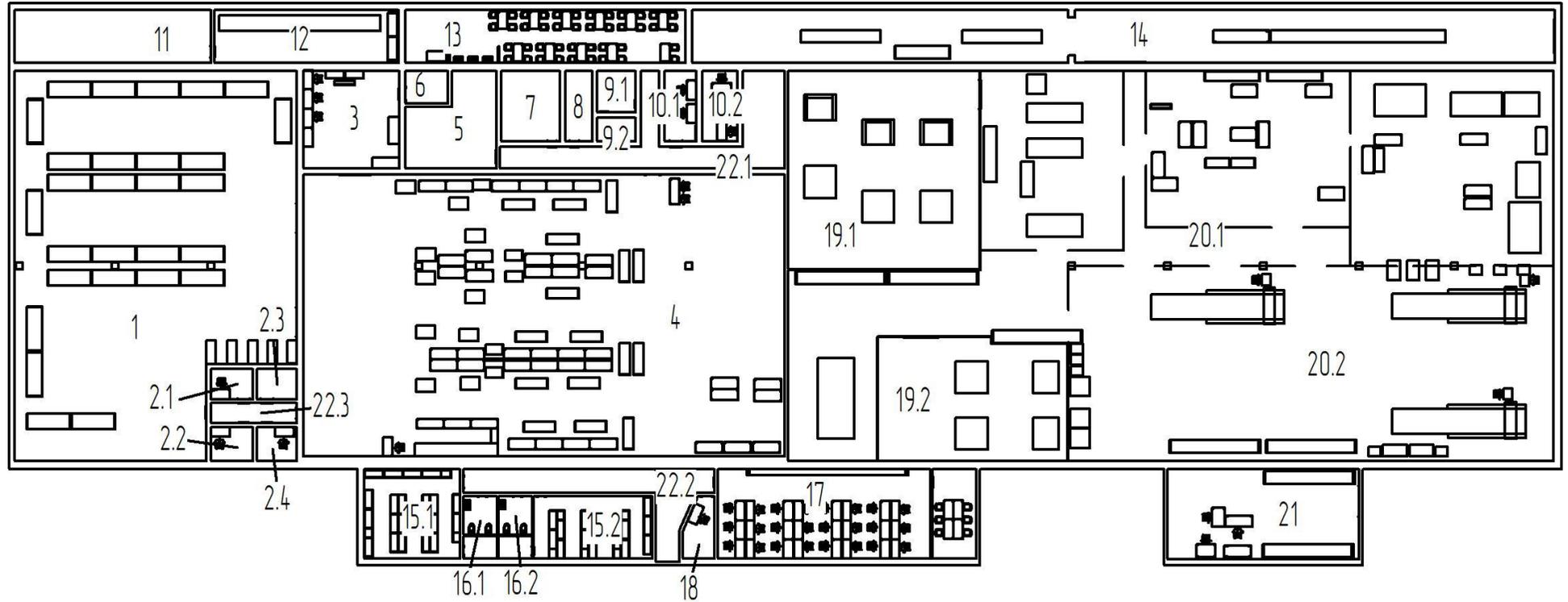


Рисунок 1.1 - План завода с обозначение помещений

Помещение №1- Склад, площадь 400м². Оконные проемы отсутствуют. Потолок бетонная плита. Пол бетон. Высота потолка 6м. Стены заставлены стеллажами с паллетами. Установлено 7 светильников INDUSTRY 454 X.

Помещение №2- 4 офисных помещения работников склада, площадь одного помещения 5м². Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено по 1 светильнику SHINE 418 R IP20 на каждое помещение.

Помещение №3- Лаборатория, площадь 37м². Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 9 офисных светильников SHINE 418 R IP20. В лаборатории производятся испытания светильников и различных комплектующих.

Помещение №4- Цех сборки, площадь 530м². Оконные проемы 30м². Потолок бетонная плита. Пол бетон. Потолок 6 м. Стены побелены. Установлено 45 светильников INDUSTRY 154 X. В цехе осуществляется основная сборка светильников, цех сборки поделен на 7 сборочных линий, так же присутствуют места для временного хранения сформированных полетов со светильниками и место для ресурсных испытаний собранных светильников.

Помещение №5- Комната хранения опытных образцов, площадь 28м². Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 5 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №6 - Комната проверки IP, площадь 4м². Потолок бетонная плита. Пол бетон. Стены белая плитка. Установлен 1 светильник SHINE 418 R IP65. В данном помещении производятся испытания светильников на защиту от воды

Помещение №7- Изолятор брака, площадь 16м². Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 2 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №8- Изолятор брака. Площадь 7,4м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Установлено 2 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №9- Кабинет главного механика. Площадь 10,3м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. К кабинету главного механика относятся два помещения в которых установлено по 1 светильнику SHINE 418 R IP20.

Помещение №10- Кабинет начальника производства. Площадь 16м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. К кабинету начальника производства относятся два помещения в которых установлено по 2 светильника SHINE 418 R IP20.

Помещение №11- Темная комната. Площадь 40м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок, пол и стены покрашены в черный цвет. Установлен 1 светильник SHINE 418 R IP20. В данном помещении проводятся испытания световых характеристик светильников.

Помещение №12- SMD монтаж. Площадь 38м². Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 14 светильников SHINE 418 R IP20. В помещении производится пайка светодиодов на печатные платы.

Помещение №13- Столовая. Площадь 58м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 8 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №14- Цех прокатки профилей. Площадь 179м² Потолок бетонная плита. Пол бетон. Установлено 11 светильников INDUSTRY 180 X.

Помещение №15- Раздевалки мужская и женская. Площадь 62м² Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 4 светильника SHINE 418 R IP20 в мужскую раздевалку и 4 светильника SHINE 418 R IP20 в женскую.

Помещение №16- Сан. узел. Площадь 10м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены белая плитка.

Установлено 2 светильника SHINE 418 R IP20 в мужской сан. узел и 2 светильника SHINE 418 R IP20 в женский сан. Узел.

Помещение №17- Кабинет ИТР. Площадь 89м² Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлено 18 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №18- Охрана. Площадь 7м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Установлен 1 светильник SHINE 418 R IP20.

Помещение №19- Зона окраски. Площадь 238м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок бетонная плита. Пол бетон. К зоне окраски относится два помещения, в первом установлено 9 светильников INDUSTRY 280 X и во втором помещении установлено 6 светильников INDUSTRY 280 X.

Помещение №20- Основной цех металлообработки. Площадь 932м² Потолок бетонная плита. Пол бетон. Помещение поделено на зону лазерной резки и зону металлообработки. В зоне лазерной резки установлено 7 светильников INDUSTRY 454 X и в зоне металлообработки установлено 13 светильников INDUSTRY 454 X.

Помещение №21- Зона распиловки профилей. Площадь 67м² Потолок бетонная плита. Пол бетон. Установлено 8 светильников SHINE 418 R IP20.

Помещение №22 – Коридоры. Общая площадь 67м² Оконные проемы отсутствуют. Потолок армстронг. Пол бетон. Стены побелены. Суммарно в трех коридорах установлено 11 светильников SHINE 418 R IP20

1.2 Нормирование освещения

Освещение можно считать одним из главных производственных факторов. Правильно спроектированное освещение повышает безопасность на производстве и помогает снизить травматизм и утомляемость. Производственное освещение регламентируется по СНиП 23-05–2010.

Производственное освещение делится на:

- Искусственное,

- Общее
 - Равномерное (это освещение в помещении, при котором светильники установлены равномерно.) [2]
 - Локализованное (это освещение определённой зоны в здании или конкретного архитектурного элемента)
- Комбинированное
 - Общее
 - Местное (это освещение, которое дополняет общее, и световой поток создаваемый светильниками направлен на рабочее место) [2]
- Комбинированное (это освещение, которое сочетает искусственное и естественное освещение)
- Естественное (это освещение светом неба проникающее через оконные проемы)
 - Боковое (это естественное освещение через оконные проемы в стенах помещения)
 - Верхнее (это естественное освещение через оконные проёмы в места перепада высот зданий)
 - Комбинированное (это освещение, которое сочетает в себе верхнее и боковое освещение) [2]

Так же освещение делится на

- Рабочее
- Аварийное
- Эвакуационное
- Дежурное
- Охранное
- Бактерицидное
- Эритемное

Для освещения производственных помещений применяется естественное освещение, данное освещение зависит от места нахождения

производства, времени года и суток. Россия поделена на 5 групп по световому климату, каждая группа имеет свой коэффициент, Самарская область находится во 2 группе и имеет коэффициент 0,9. Естественное освещение делится на боковое и верхнее, так же возможна реализация совместного использования бокового и верхнего освещения [4].

Для дополнения естественного освещения в производственных помещениях применяется искусственное освещение. Искусственное освещение бывает общее и локализованное, общее освещение применяется для зон и помещений где производятся однотипные работы, Локализованное освещение применяется для зон и помещений где требуется учитывать рабочие места.

Исходя из характера работы, вида освещения и системы, контраста и фона. Характер зрительной работы определяется объектом, имеющим наименьший размер. Исходя из габарита объекта, различения виды работ, иницирующие зрительное напряжение, следует поделить на восемь разрядов, которые делятся еще на четыре под разряда, под разряд выбирается в зависимости от контраста и фона объекта. Нормируются такие значения как: Минимальная освещенность E_{min} ; Показатель ослепленности P_0 ; Коэффициент пульсации освещенности k_E . Так же в зависимости от: разряда зрительной работы. Установлено 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения (1 разряд размер до 0,15 мм – наивысшая точность, 2 разряд размер от 0,15 до 0,30 мм–очень высокая точность, 3 разряд размер от 0,30 до 0,50мм – высокая точность, 4 разряд размер от 0,50 до 1,0мм – средняя точность, 5 разряд размер от 1,0 до 5,0 мм - малая точность, 6 разряд размер более 5,0 мм – очень малая точность). В свою очередь контраст объекта и фон определяют 4 под разряда. Так же отдельно нормируется искусственное освещение исходя из используемых источников света и системы освещения.

На системы общего и комбинированного освещения так же существуют нормы. Применение одного местного освещения не допускается.

При реализации комбинированного освещения процент общего освещения должен быть не менее 10% освещенности. Данная величина должна быть не меньше 150лк для газоразрядных ламп и 50лк для ламп накаливания.

Для предотвращения ослепления, ограничивается слепящее действие светильников, в помещениях производства показатель ослеплённости не должен быть выше 20-80 единиц. Этот показатель выбирается исходя из продолжительности и разряда зрительной работы.

При освещении помещений производства, пульсации не должны быть выше 10-20% в зависимости от характера работы. Пульсации создают эффект стробоскопа, данный эффект опасен в производстве так как при совпадении частоты пульсация и частоты изделия может сложиться впечатление что изделие неподвижно или движется с малой скоростью. Данный эффект повышает травматизм на производстве.

Для определения нормы освещенности требуется учитывать условия, которые вызывают необходимость увеличения уровня освещенности, уровень освещенности выбирается исходя из вида зрительной работы.

Повышение освещенности требуется при повышенной возможности травматизма и при зрительных работах I-IV разрядов в течении полного рабочего дня. Для экономии можно уменьшать освещенность при кратковременном нахождении людей в помещении.

Естественное освещение.

Естественное освещение можно характеризовать тем, что создаваемая освещенность меняется в течение суток, года, погодных условий. Для оценки естественного освещения используется относительная величина - коэффициент естественного освещения (КЕО). КЕО это отношение освещенности в конкретной точке внутри помещения ($E_{вн}$) к наружной горизонтальной освещенности ($E_{н}$) в данный момент времени, создаваемой светом открытого неба, выражаемый в процентах.

Нормирование КЕО используется для верхнего и бокового естественного освещения.

Наименьшее значение КЕО нормируют при боковом освещении в районе рабочей зоны, которое требуется обеспечить в наиболее удаленно расположенных точках от окна. В помещениях, где реализовано верхнее комбинированное освещение, нормируется по среднему КЕО в районе рабочей зоны.

Совмещенное освещение допустимо для помещений производства, в которых проводятся зрительные работы I и II разрядов. Для помещений, находящихся в северной климатической зоне.

1.3 Оборудование, необходимое для аудита системы освещения

Для проведения аудита системы освещения был использован люксметр Эколайт-02. Данный люксметр использовался для замеров освещённости, формируемой комбинированный светом (искусственным и естественным). Для проведения замеров требуется соблюдение нескольких условий: температура окружающей среды при замерах должна быть от 5 до 40°C, относительная влажность воздуха должна составлять 60-95%, атмосферное давление должно составлять 760мм рт.ст. Эколайт-02 при использовании косинусной насадки имеет диапазон измерений 10-10⁵ лк и 0,1-10⁴ без насадки. Яркость измеряется от 10 до 2-10кд/м. Погрешность прибора не более 1%. Люксметр автономный, так как имеет аккумуляторную батарею.

Конструктивно люксметр включает в себя электронный блок, цифровое табло, фотометрическую головку с косинусной насадкой и блок питания.

Принцип работы люксметра состоит в том что световой поток попав на фоточувствительный элемент фотометрической головки, провоцирует генерацию фототока, далее фототок с помощью преобразователя ток-напряжение преобразуется в пропорциональное напряжение постоянного тока. Далее аналого-цифровой преобразователь на основании

преобразованного напряжения генерирует цифровой код, который в дальнейшем выводится на экран и выдает информацию пользователю

Для получения верных данных требуется замерять освещение на уровне 0,8 м от пола.

1.4 Расчет годового потребления электроэнергии освещением

В современном мире при росте цен на энергоносители, все больше крупных потребителей используют все возможные способы экономии электроэнергии. Первоочередным этапом в экономии электроэнергии можно считать комплексный энергоаудит. Далее, используя данные полученные после энергоаудита, разрабатываются мероприятия по снижению потребления энергии.

Мероприятия по экономии разрабатываются для конкретного потребителя энергии.

В первую очередь проводится анализ всех систем потребления энергии, далее производится расчёт экономии по отдельным методикам. В основном на предприятиях используются не энергоэффективные осветительные установки и уже давно устаревшие источники света. В свою очередь применение светодиодного освещения в связке с современными интеллектуальными системами управления светом, помогут снизить затраты на освещение, но может показаться, что светодиодное освещение с современными системами требуют крупные капитальные вложения, но в долгосрочной перспективе данное решение поможет, уменьши затраты на электроэнергию во много раз.

Благодаря современным системам освещения, источник света будет работать, только в нужный момент времени, при использовании датчика движения, конкретная точка, в которой требуется освещение, будет освещена только при условии, что датчик сработал. Датчики света позволят регулировать освещенность на поверхности в зависимости от погодных условий или времени суток, тем самым поддерживая требуемую

освещённость в рабочей зоне. Освещение можно назвать большим потребителем энергии, в особенности в офисных зданиях примерно 80%.

Нам потребуется информация о количестве светильников, количестве ламп и их мощность. Так же потребуется информация о наличии системы искусственного света, коэффициента отражения и период плановой чистки осветительных приборов. Потребуется замеры фактической освещённости и сравнение их с требованиями стандартов. На данном производстве установлено 5 видов светильников: INDUSTRY 454 X, INDUSTRY 154 X, INDUSTRY 180 X, INDUSTRY 280 X и SHINE 418 R IP20.

Так как нам известны лампы, установленные в светильники, рассчитаем мощность каждого светильника с учетом потерь на пускорегулирующее устройство

Мощность светильника:

$$P_{св} = P_{л} \times K_{пра} \times N_{л}, \quad (1)$$

где $P_{л}$ – мощность лампы, Вт;

$K_{пра}$ – коэффициент потерь в ПРА (пускорегулирующей аппаратуре) светильников (коэффициент используется только при расчете мощности светильников, в которых используются газоразрядные лампы);

$N_{л}$ – количество всех однотипных ламп в светильнике i -го помещения.

Мощность светильника INDUSTRY 454 X:

$$P_{св} = 54 \times 1.12 \times 4 = 242 \text{ Вт}$$

Мощность светильника INDUSTRY 280 X:

$$P_{св} = 80 \times 1.12 \times 1 = 89,6 \text{ Вт}$$

Мощность светильника INDUSTRY 180 X:

$$P_{св} = 80 \times 1.12 \times 1 = 89,6 \text{ Вт}$$

Мощность светильника INDUSTRY 154 X:

$$P_{св} = 54 \times 1.12 \times 1 = 60,5 \text{ Вт}$$

Мощность светильника SHINE 418 R IP20:

$$P_{св} = 18 \times 1.12 \times 4 = 80,64 \text{Вт}$$

Суммарная мощность светильников в помещении:

$$\sum P_{св.i} = P_{св} \times N_{св}, \quad (2)$$

где $P_{св.i}$ – мощность светильника, Вт;

$N_{св}$ – количество однотипных светильников.

Суммарная мощность светильников Помещение №1- Склад 1:

$$\sum P_{св.1} = 241,92 \times 7 = 1,69 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №2 - Офисное помещение работников склада:

Помещение №2.1:

$$\sum P_{св.2.1} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{кВт}$$

Помещение №2.2:

$$\sum P_{св.2.2} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{кВт}$$

Помещение №2.3:

$$\sum P_{св.2.3} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{кВт}$$

Помещение №2.4:

$$\sum P_{св.2.4} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №3- Лаборатория:

$$\sum P_{св.3} = 80,64 \times 9 = 0,73 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №4- Цех сборки:

$$\sum P_{св.4} = 60,48 \times 45 = 2,72 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №5- Комната хранения опытных образцов:

$$\sum P_{св.5} = 80,64 \times 3 = 0,24 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №6- Комната проверки
IP:

$$\sum P_{св.6} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №7- Изолятор брака:

$$\sum P_{св.7} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №8- Изолятор брака:

$$\sum P_{св.8} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №9- Кабинет главного
механика:

Помещение №9,1:

$$\sum P_{св.9,1} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{ кВт}$$

Помещение №9,2:

$$\sum P_{св.9,2} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №10- Кабинет
начальника производства:

Помещение №10,1:

$$\sum P_{св.10,1} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{ кВт}$$

Помещение №10,2:

$$\sum P_{св.10,2} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №11- Темная комната:

$$\sum P_{св.11} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №12- SMD монтаж:

$$\sum P_{св.12} = 80,64 \times 14 = 1,13 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №13- Столовая:

$$\sum P_{св.13} = 80,64 \times 8 = 0,65 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №14- Цех прокатки
профилей:

$$\sum P_{св.14} = 89,6 \times 11 = 0,99 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1 мужская раздевалка:

$$\sum P_{св.15,1} = 80,64 \times 4 = 0,32 \text{кВт}$$

Помещение №15,2 женская раздевалка:

$$\sum P_{св.15,2} = 80,64 \times 4 = 0,32 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №16- Сан. узел:

Помещение №16,1- мужской Сан. узел:

$$\sum P_{св.16,1} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{кВт}$$

Помещение №16,2- женский Сан. узел:

$$\sum P_{св.16,2} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №17- Кабинет ИТР:

$$\sum P_{св.17} = 80,64 \times 18 = 1,45 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №18- Охрана:

$$\sum P_{св.18} = 80,64 \times 1 = 0,08 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №19- Зона окраски:

Помещение №19,1:

$$\sum P_{св.19,1} = 179,2 \times 9 = 1,61 \text{кВт}$$

Помещение №19,2:

$$\sum P_{св.19,2} = 179,2 \times 6 = 1,075 \text{кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №20- Основной цех металлообработки:

Помещение №20,1 зона металлообработки:

$$\sum P_{св.20,1} = 241,92 \times 13 = 3,14 \text{кВт}$$

Помещение №20,2 зона лазерной резки:

$$\sum P_{св.20,2} = 241,92 \times 7 = 1,69 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$\sum P_{св.21} = 80,64 \times 8 = 0,65 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность светильников Помещение №22- Коридор:

Помещение №22,1:

$$\sum P_{св.22,1} = 80,64 \times 5 = 0,4 \text{ кВт}$$

Помещение №22,2:

$$\sum P_{св.22,2} = 80,64 \times 4 = 0,32 \text{ кВт}$$

Помещение №22,3:

$$\sum P_{св.22,3} = 80,64 \times 2 = 0,16 \text{ кВт}$$

Далее требуется рассчитать коэффициент использования электрической мощности светильника по формуле:

$$K_{ui} = T_{исп} / T_{полн}, \quad (3)$$

где $T_{исп}$ - реальное время использования светильника;

$T_{полн}$ - время работы за полный рабочий день.

Коэффициент использования электрической мощности светильников Помещение №1- Склад 1:

$$K_{u1} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников Помещение №2 - Офисное помещение работников склада:

$$K_{u2} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников Помещение №3- Лаборатория:

$$K_{u3} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №4- Цех сборки:

$$K_{u4} = 16 / 18 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №5- Комната хранения опытных образцов:

$$K_{u5} = 2 / 9 = 0,25$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №6- Комната проверки IP:

$$K_{u6} = 1 / 9 = 0,11$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №7- Изолятор брака:

$$K_{u7} = 2 / 9 = 0,22$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №8- Изолятор брака:

$$K_{u8} = 2 / 8 = 0,25$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №9- Кабинет главного механика:

$$K_{u9} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №10- Кабинет начальника производства:

$$K_{u10} = 16 / 18 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №11- Темная комната:

$$K_{u11} = 1 / 8 = 0,125$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №12- SMD монтаж:

$$K_{u12} = 24 / 24 = 1$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №13- Столовая:

$$K_{u13} = 4 / 8 = 0,5$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №14- Цех прокатки профилей:

$$K_{u14} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №15- Раздевалки мужская и женская:

$$K_{u15} = 2 / 24 = 0,07$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №16- Сан. узел:

$$K_{u16} = 4 / 24 = 0,17$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №17- Кабинет ИТР:

$$K_{u17} = 8 / 9 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №18- Охрана:

$$K_{u18} = 24 / 24 = 1$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №19- Зона окраски:

$$K_{u19} = 16 / 18 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №20- Основной цех металлообработки:

$$K_{u20} = 24 / 24 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$K_{u21} = 16 / 18 = 0,88$$

Коэффициент использования электрической мощности светильников
Помещение №22- Коридор:

$$K_{u22} = 16 / 18 = 0,88$$

Следующим шагом является расчет годового потребления электроэнергии

$$W_{zi} = \sum P_{св.i} \times T_{zi} \times K_{ui}, \quad (4)$$

где W_{zi} – годовое потребление i -го помещения;

T_{zi} – годовое число часов работы системы i -го помещения;

K_{ui} – коэффициент использования электрической мощности светильника.

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №1-
Склад 1:

$$W_{z1} = 1,69 \times 2520 \times 0,88 = 3755,373 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №2
- Офисное помещение работников склада:

Помещение №2.1:

$$W_{z2,1} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.2:

$$W_{z2,2} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.3:

$$W_{z2,3} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.4:

$$W_{z2,4} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №3-
Лаборатория:

$$W_{z3} = 0,73 \times 2520 \times 0,88 = 1609,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №4-
Цех сборки:

$$W_{24} = 2,72 \times 5040 \times 0,88 = 12070,84 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №5-
Комната хранения опытных образцов:

$$W_{25} = 0,24 \times 2520 \times 0,25 = 152,41 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №6-
Комната проверки IP:

$$W_{26} = 0,08 \times 2520 \times 0,11 = 22,35 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №7-
Изолятор брака:

$$W_{27} = 0,16 \times 2520 \times 0,22 = 89,41 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №8-
Изолятор брака:

$$W_{28} = 16 \times 2520 \times 0,25 = 101,61 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №9-
Кабинет главного механика:

Помещение №9,1:

$$W_{29,1} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №9,2:

$$W_{29,2} = 0,08 \times 2520 \times 0,88 = 178,83 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№10- Кабинет начальника производства:

Помещение №10,1:

$$W_{210,1} = 0,16 \times 5040 \times 0,88 = 715,31 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №10,2:

$$W_{210,2} = 0,16 \times 5040 \times 0,88 = 715,31 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №11- Темная комната:

$$W_{211} = 0,08 \times 2520 \times 0,13 = 26,42 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №12- SMD монтаж:

$$W_{212} = 1,13 \times 7560 \times 1 = 8534,94 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №13- Столовая:

$$W_{213} = 0,65 \times 2520 \times 0,5 = 812,85 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №14- Цех прокатки профилей:

$$W_{214} = 0,99 \times 2520 \times 0,88 = 2185,67 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1 мужская раздевалка:

$$W_{215,1} = 0,32 \times 7560 \times 0,07 = 170,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №15,2 женская раздевалка:

$$W_{215,2} = 0,32 \times 7560 \times 0,07 = 170,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №16- Сан. узел:

Помещение №16,1- мужской Сан. узел:

$$W_{216,1} = 0,16 \times 7560 \times 0,17 = 207,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №16,2- женский Сан. узел:

$$W_{216,2} = 0,16 \times 7560 \times 0,17 = 207,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №17- Кабинет ИТР:

$$W_{217} = 1,45 \times 2520 \times 0,88 = 3218,89 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №18- Охрана:

$$W_{218} = 0,08 \times 7560 \times 1 = 609,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №19- Зона окраски:

Помещение №19,1:

$$W_{219,1} = 1,61 \times 5040 \times 0,88 = 7153,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №19,2:

$$W_{219,2} = 1,08 \times 5040 \times 0,88 = 4768,73 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №20- Основной цех металлообработки:

Помещение №20,1 зона металлообработки:

$$W_{220,1} = 3,14 \times 5040 \times 0,88 = 13948,53 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №20,2 зона лазерной резки:

$$W_{220,2} = 1,69 \times 7560 \times 0,88 = 11266,12 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №21- Зона распиловки профилей:

$$W_{221} = 0,65 \times 5040 \times 0,88 = 2861,24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №22- Коридор:

Помещение №22,1:

$$W_{222,1} = 0,4 \times 5040 \times 0,88 = 1788,26 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №22,2:

$$W_{222,2} = 0,32 \times 5040 \times 0,88 = 1430,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №22,3:

$$W_{222,3} = 0,16 \times 2520 \times 0,88 = 357,65 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Полученные данные занесены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 –Сводная таблица по действующим светильникам на производстве

Наименование помещения	Коэффициент использования	S зоны, м ²	Кол-во светильников	Светильник	∑P _{св} , кВт	W _{Гі} , кВт*ч
1	2	3	4	5	6	7
Помещение №1- Склад	0,88	400	7	INDUSTRY 454 X	1,69	3755,4
Помещение №2,1 - Офисное помещение работников склада	0,88	5	1	SHINE 418 R	0,08	178,8
Помещение №2,2 - Офисное помещение работников склада	0,88	5	1	SHINE 418 R	0,08	178,8
Помещение №2,3 - Офисное помещение работников склада	0,88	5	1	SHINE 418 R	0,08	178,8
Помещение №2,4 - Офисное помещение работников склада	0,88	5	1	SHINE 418 R	0,08	178,8
Помещение №3- Лаборатория	0,88	37	9	SHINE 418 R	0,73	1609,5
Помещение №4- Цех сборки	0,83	530	45	INDUSTRY 154 X	2,72	12070,8
Помещение №5- Комната хранения опытных образцов	0,25	28	3	SHINE 418 R IP20	0,24	152,4
Помещение №6- Комната проверки IP	0,11	4	1	SHINE 418 R IP20	0,08	22,4
Помещение №7- Изолятор брака	0,22	16	2	SHINE 418 R IP20	0,16	89,4
Помещение №8- Изолятор брака	0,25	7,4	2	SHINE 418 R IP20	0,16	101,6
Помещение №9,1- Кабинет главного механика	0,88	5,2	1	SHINE 418 R IP20	0,08	178,8

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Помещение №9,2- Кабинет главного механика	0,88	5	1	SHINE 418 R IP20	0,08	178,8
Помещение №10,1- Кабинет начальника производства	0,88	8	2	SHINE 418 R IP20	0,16	715,3
Помещение №10,2- Кабинет начальника производства	0,88	8	2	SHINE 418 R IP20	0,16	715,3
Помещение №11- Темная комната	0,13	40	1	SHINE 418 R IP20	0,08	26,4
Помещение №12- SMD монтаж	1	38	14	SHINE 418 R IP20	1,13	8534,9
Помещение №13- Столовая	0,5	58	8	SHINE 418 R IP20	0,65	812,9
Помещение №14- Цех прокатки профилей	0,88	179	11	INDUSTRY 180 X	0,99	2185
Помещение №15,1- Раздевалка мужская	0,07	31	4	SHINE 418 R IP20	0,32	170,7
Помещение №15,2- Раздевалка женская	0,07	31	4	SHINE 418 R IP20	0,32	170,7
Помещение №16,1- Сан. узел М	0,17	5	2	SHINE 418 R IP20	0,16	207,3
Помещение №16,2- Сан. узел Ж	0,17	5	2	SHINE 418 R IP20	0,16	207,3
Помещение №17- Кабинет ИТР	0,88	89	18	SHINE 418 R IP20	1,45	3217,9
Помещение №18- Охрана	1	7	1	SHINE 418 R IP20	0,08	609,6
Помещение №19,1- Зона окраски	0,88	119	9	INDUSTRY 280 X	1,61	7153,1
Помещение №19,2- Зона окраски	0,88	119	6	INDUSTRY 280 X	1,08	4768,7

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Помещение №20,1-Зона металлообработки	0,88	584	13	INDUSTRY 454 X	3,14	13948,5
Помещение №20,2- Зона лазерной резки	0,88	348	7	INDUSTRY 454 X	1,69	11266,1
Помещение №21- Зона распиловки профилей	0,88	67	8	SHINE 418 R IP20	0,65	2861,2
Помещение №22,1- Коридор	0,88	30	5	SHINE 418 R IP20	0,4	1788,3
Помещение №22,2- Коридор	0,88	28	4	SHINE 418 R IP20	0,32	1430,5
Помещение №22,3- Коридор	0,88	12	2	SHINE 418 R IP20	0,16	357,5
						$\sum W_{\Gamma}=800$ 23,62кВт* ч

1.5 Выводы по разделу 1

1) Произведен анализ системы освещения на производстве. На производстве установлены люминесцентные светильники INDUSTRY 454 X, INDUSTRY 154 X, INDUSTRY 180 X, INDUSTRY 280 X, для офисных помещений светильник SHINE 418 R IP20. В данных светильниках используются лампы T5 серии Phillips Master TLS и T5 серии Phillips Master TLS и T8 серии Phillips Master TL-D Super 80.

2) Выполнен расчет потребляемой мощности светильниками на производстве.

3) Рассчитано годовое потребление электроэнергии действующими светильниками. В настоящий момент годовое потребление электроэнергии составляет $\sum W_{\Gamma} = 80023,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

2 Разработка энергоэффективной системы освещения на производстве

2.1 Выбор источника света

В настоящий на производстве применяются светильники люминесцентные, для производственных помещений и складских зон светильники INDUSTRY 454 X, INDUSTRY 154 X, INDUSTRY 180 X, INDUSTRY 280 X, для офисных помещений светильник SHINE 418 R IP20. В данных светильниках используются лампы T5 серии Phillips Master TLS и T5 серии Phillips Master TLS и T8 серии Phillips Master TL-D Super 80.

Согласно современным тенденциям постепенно происходит отказ от не энергоэффективных светильников. Уже с 1 июля 2018 г. Минэнерго запретил не эффективные трубчатые люминесцентные лампы. Так же одним из весомых аргументов отказаться от люминесцентных светильников является их небезопасность. В люминесцентных лампах содержится от 1 до 70 мг ртути. Ртуть относится к первому классу опасности. Разбитая лампа может причинить вред организму человека.

Современным эффективным источником света является светодиод, ведь уже сейчас есть светодиоды с энергоэффективностью 230лм/вт.

Светодиод является полупроводниковым элементом, где свечение происходит при прохождении тока в прямом направлении. В конструкции светодиода есть 2 полупроводника, первый в своем составе имеет свободные электроны, а второй “дыры”, вследствие прохождения постоянного тока происходит P-N переход и вовемя этого процесса происходит выделение фотонов. Светодиоды принято делить по цветовой температуре и для получения определённой цветовой температуры требуется использовать люминофор, изначально светодиод излучает синие свечение. В светильниках в основной массе используется SMD светодиод. Данные светодиоды

крепятся на поверхность печатной платы, SMD технология помогла уменьшить габариты светильников.

SMD-светодиод на данный момент является самым востребованным компонентом, используемым для светильников. Корпус светодиода изготавливается из пластика или керамики. Керамические корпуса используются в мощных светодиодах, так как во время работы выделяется огромное количество тепла и пластиковый корпус расплавится.

На эффективность светодиода влияет несколько факторов, одним из них является пропускаемый через диод ток рисунок 2.1.

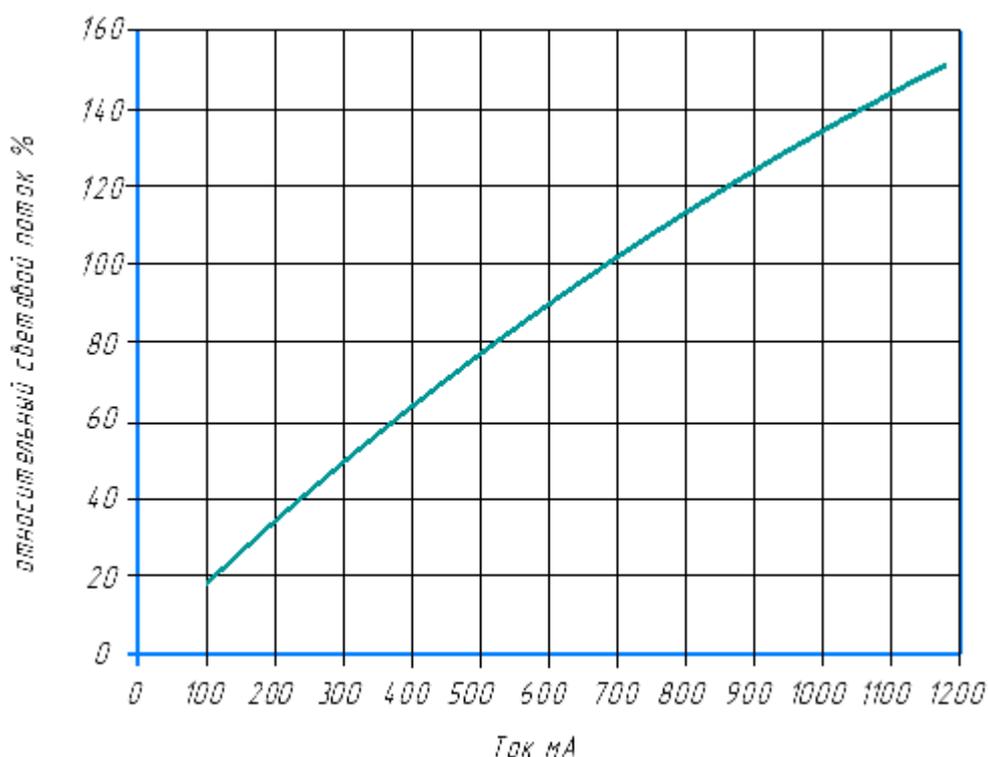


Рисунок 2.1 - Зависимость светового потока от тока

У каждого светодиода есть свои рамки пропускаемого тока, если на светодиод подается ток сверх того на что он рассчитан, то светодиод будет деградировать намного быстрее чем при стандартном токе. Это происходит из-за большого выделения тепла. Вопрос теплоотвода для светодиода является основным, так как 70% энергии выделяемой светодиодом преобразуется в тепло, а оставшиеся 30 % идут на его свечение. Из-за некачественного организованного теплоотвода, у светильника может снижаться не только яркость, но и будет заметно изменение в цвете свечения.

На рисунке 2.2 можно увидеть, что эффективность типового диода при изменениях температуры на кристалле светодиода изменяется в рамках 30%.

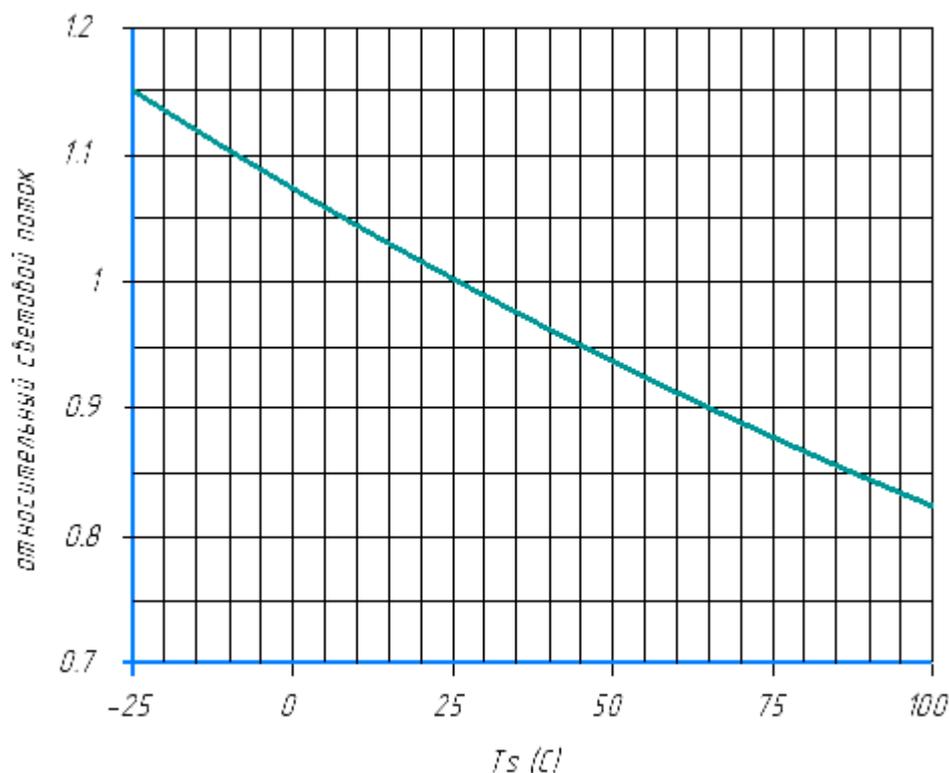


Рисунок 2.2 - Зависимость излучения от температуры на корпусе

Исходя из энергоэффективности светодиода, были выбраны светильники со светодиодным источником света. Так как завод является производителем светодиодных светильников, светильники были выбраны из номенклатуры производителя. Светильники METEOR будут использоваться для складских помещений и помещений с высоким потолком, для офисных помещений выбран OFLED и для производственных помещений выбран линейный светильник Direct line, для локального освещения светильник SATURN.

2.2 Выбор системы освещения

Для повышения энергоэффективности имеющейся системы освещения, помимо использования светодиодных источников света, требуется использовать современные решения в области управления освещением. На

предприятию будет использоваться управляемая система освещения. Под управляемой системой освещения понимается интеллектуальная сеть, которая поможет обеспечить требуемое количество света в нужном месте и конкретном временном промежутке. Для осуществления управления освещением требуется использовать различные датчики. Существуют датчики движения, присутствия и датчики с использованием фотореле.

Датчики движения бывают микроволновые, такие датчики работают по принципу радиолокации, датчик излучает электромагнитные волны и срабатывает на изменение в отражаемых волнах. Плюсом и одновременно минус такого датчика является то, что он может реагировать на движение через препятствия. Так же существуют ультразвуковые датчики движения, принцип работы таких датчиков основан на принципе звуковой локации, датчик имеет звуковой генератор, который испускает колебания неслышимые человеку, но которые отражаются от препятствий и возвращаются в микрофон, который считывает отраженный сигнал. Согласно эффекту Доплера, частота отраженного сигнала будет отличаться от изначально излучаемой частоты [34].

Еще одним видом датчика движения является инфракрасный датчик движения, принцип работы такого датчика основан на определении температуры объекта, которая должна отличаться от температуры контролируемой области, обязательными условиями для срабатывания данного датчика является движение объекта и обязательное его тепловое излучение. Тепловое излучение провоцирует изменение электрического потенциала в PIR сенсоре и в дальнейшем по определенному алгоритму сравнивается температура контролируемой зоны и температурой движущегося объекта.

Так же существует датчик освещенности, который позволяет в зависимости от естественного освещения включать или выключать светильник, принцип работы данного датчика заключается в том что при уменьшении естественной освещенности сопротивление фоторезистора

возрастает, соответственно увеличивается напряжение и в определенный момент напряжение возрастает до значения, при котором срабатывает реле и светильник включается.

Для создания системы освещения требуется выбрать протокол, по которому все светильники будут управляться. Существует множество поколов управления, но рассмотрим наиболее известные.

Протокол DMX-512A разработан для цифровых сетей, которые используются для управления светодиодными светильниками и другими устройствами. В данном протоколе используется пакетная передача и дифференциальный сигнал EIA-485. Минусом протокола DMX является то что обмен осуществляется только в одном направлении. Контроллер DMX512 осуществляет последовательную передачу данных, 23 мс требуется для передачи данных по 512 каналам. Если требуется более частое обновление, то пересылка происходит по меньшему количеству каналов. Популярность протокола DMX-512 можно объяснить тем, что в нем используется интерфейс EIA485, управление с помощью данного протокола обладает простотой исполнения и высокой надежностью, так же возможно управление различными сетями светильников по трем проводам, еще одним неоспоримым плюсом является не большая цена элементной базы. Максимально число устройств, которое можно подключить к протоколу без использования дополнительных портов - 512 светильников. В протоколе DMX требуется последовательно подключение светильников, так как стандарт EIA 485 может работать только с последовательным подключением. В каждом сегменте возможно использование до 32 светильников, общая протяженность провода 1км.

К плюсам DMX можно отнести свободно назначение каналов для осветительных приборов.

Стандарт 0-10В по праву можно считать одним из первых протоколов управления освещением. Управление освещением осуществляется с помощью изменения напряжения от 0 до 10В, где 0В является выключенным

светильником и $10\text{в} = 100\%$ яркости светильника. Основным плюсом данного протокола является его простота в реализации и низкая стоимость, но провод управления требуется использовать экранированный для исключения помех. Минусом данного протокола можно назвать большое количество проводов т.к для управления светильником требует два провода, а при большом количестве осветительных приборов кол-во проводов будет соответствующим, и такое количество проводки влечет за собой повышение стоимости системы. Так же при больших расстояниях может наблюдаться нестабильная передача сигнала

Существуют протоколы с двухсторонним обменом, к ним относятся протоколы DALI, KNX и RDM

Протокол RDM является модернизированной версией DMX. В данном протоколе реализована возможность получения данных от светильника по стандартным линиям DMX. При использовании протокола RDM возможно конфигурирование, мониторинг и управление устройствами так же возможно считывание ряда показателей, например, потребляемый ток, температура, время работы, индекс цветопередачи и напряжение сети, и это все происходит, не мешая основной работе осветительного прибора. Протокол RDM имеет ряд преимуществ, данный протокол совместим с уже имеющейся структурой DMX, так же возможна организации управления отдельными устройствами или их группой, реализовано автоматическое распознавание светильников, понятный принцип образования групп осветительных приборов. Но данный протокол не получил широкого распространения из-за большой стоимости электронных схем, так же возможна ситуация с нехваткой контроллеров это влечет за собой повышение стоимости так же в настоящий момент существует не так много светодиодных драйверов с поддержкой протокола RDM.

Протокол KNX основан на стандартах EHS - European home systems, BatiBUS и EIB - European installation bus. Стандарт EIB пользуется успехом благодаря своей надежности и простоты. Это достигается за счет

особенности данного стандарта, вместо привычной системы управления где для каждого управляемого объекта требуется собственная линия, а для каждой системы отдельная сеть, система EIB реализована таким способом что проводка соединяет только элементы исполнители, различные реле или регуляторы, а все системные элементы такие как контроллеры или датчики требуется объединять только шиной управления. Благодаря такому решению возможна экономия силового кабеля и количества соединений.

В данный момент наиболее распространенным стандартом считается DALI. Протокол дали был разработан взамен аналогового протокола 1-10 в.

Протокол осуществляет передачу данных по двум линиям рисунок 2.3.

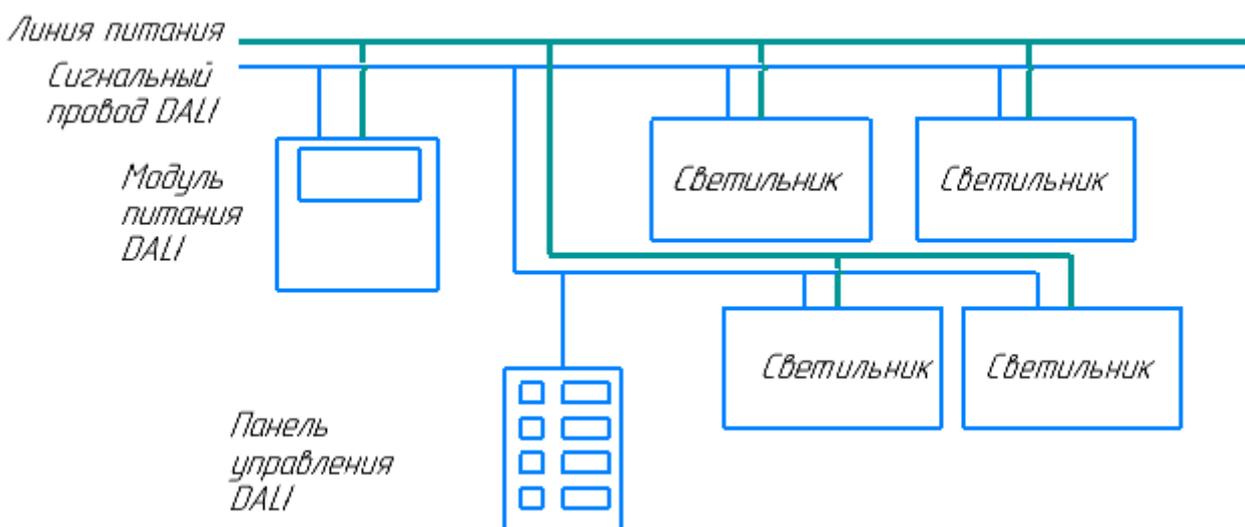


Рисунок 2.3 - Передача данных по сети DALI

По протоколу DALI возможно управление 64 устройствами по одной шине управления, в отличие от протокола 1-10 проводку не требуется экранировать, так как помехи не создают проблем для стабильной работы светильников. Так же благодаря протоколу DALI в одно зоне возможно реализовать 16 различных сцен [38], управляющая проводка подключается непосредственно к схеме управления, данное решение позволяет упростить подключение, когда по проекту заложено большое количество зон и групп осветительных приборов. С помощью протокола DALI диммирование светильников можно достигать до 0,1%. На рисунке 2.4 представлена кривая

дампирования. К сожалению, большинство пока что не могут раскрыть весь потенциал протокола DALI, так как минимальный ток составляет 5-6мА.

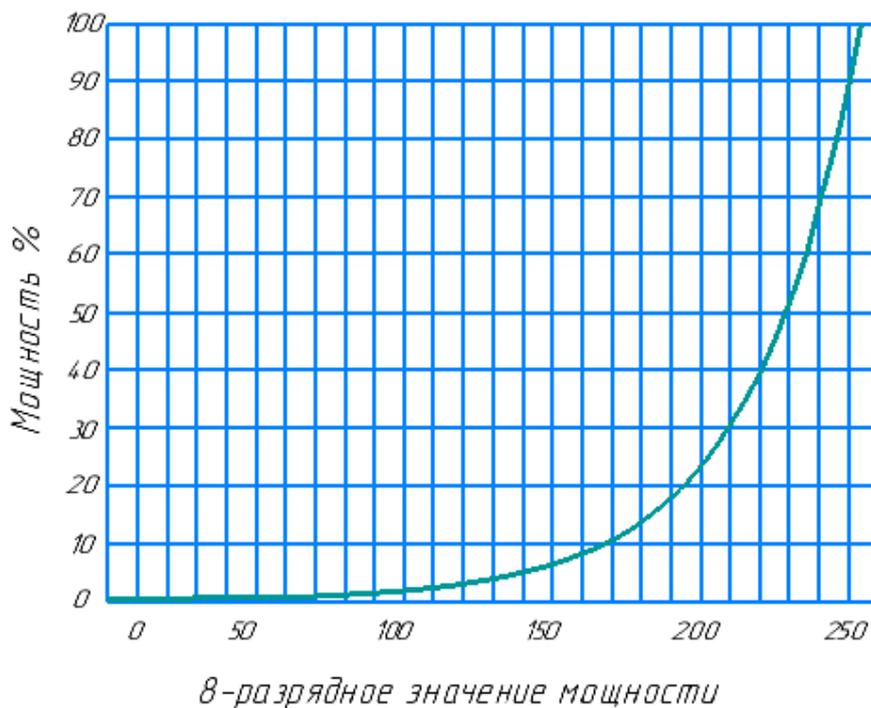


Рисунок 2.4 - Кривая затемнения

В протоколе DALI реализовано шифрование с использованием кода Манчестер, данный код используется для коррекции ошибок. Максимальная длина сегмента при кабеле сечением 1,5мм достигает 300м, при сечении 0,5мм длина достигает 100м и при сечении 0,75 длина сегмента равна 150 м.

В данный момент протокол DALI является наиболее известным и востребованным. Исходя из всех преимуществ данного протокола и его доступности на рынке, в разработке системы освещения будет применяться протокол DALI

2.3 Выбор норм освещения

Искусственное освещение применяется для дополнения естественного освещения в помещениях, где не доходят солнечные лучи.

От освещенности напрямую зависит усталость, здоровье, сопротивляемость стрессу.

Зрение зависит от количества освещения на рабочей поверхности. Поэтому требуется строго соблюдать установленные нормы.

В настоящий момент существуют обязательные стандарты и нормы по освещенности, исходя из этих документов осуществляется подбор светильников. В данный момент в России таким документов является СНИП 23-05-95. Данный документ постоянно обновляется, учитывая современные требования. СП 52.13330.2011- свод правил Естественного и искусственного освещения, утверждённый 20 мая 2011 года является обновленным документом, и применяется при проектировании освещения

Для определения минимальной освещенности поверхности требуется, во-первых найти минимальный габаритный размер объекта различения при осуществлении работы, исходя из этого определяется разряд зрительной работы. Далее требуется определить под разряд зрительной работы. Под разряд определяется исходя из контраста объекта с фоном, на котором установлен объект. Следующим шагом является определение минимальной освещенности рабочей поверхности. Для данного производства были определены нормы освещенности, значение представлены таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Нормы освещенности

Наименование зоны	Разряд зрительной работы	Под разряд зрительной работы	Коэффициент отражения $p_{\text{пот}}$, $p_{\text{ст}}$, $p_{\text{пол}}$, %	Требование по СНиП
1	2	3	4	5
Помещение №1- Склад	VI	-	50/30/10	100
Помещение №2,1 - Офисное помещение работников склада	IV	a	70/50/30	300
Помещение №2,2 - Офисное помещение работников склада	IV	a	70/50/30	300
Помещение №2,3 - Офисное помещение работников склада	IV	a	70/50/30	300
Помещение №2,4 - Офисное помещение работников склада	IV	a	70/50/30	300
Помещение №3- Лаборатория	II	a	70/50/30	500
Помещение №4- Цех сборки	III	a	50/30/10	200
Помещение №5- Комната хранения опытных образцов	V	b	70/50/30	300
Помещение №6- Комната проверки IP	V	b	50/30/10	300
Помещение №7- Изолятор брака	V	b	70/50/30	300
Помещение №8- Изолятор брака	V	b	70/50/30	300
Помещение №9,1- Кабинет главного механика	IV	a	70/50/30	300

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
Помещение №9,2- Кабинет главного механика	IV	a	70/50/30	300
Помещение №10,1- Кабинет начальника производства	IV	a	70/50/30	300
Помещение №10,2- Кабинет начальника производства	IV	a	70/50/30	300
Помещение №11- Темная комната	V	в	0/0/0	300
Помещение №12- SMD монтаж	III	a	70/50/30	500
Помещение №13- Столовая	IV	a	70/50/30	200
Помещение №14- Цех прокатки профилей	IV	a	50/30/10	200
Помещение №15,1- Раздевалка М	V	в	70/50/30	75
Помещение №15,2- Раздевалка Ж	V	в	70/50/30	75
Помещение №16,1 Сан. узел мужской	V	в	50/30/10	75
Помещение №16,2- Сан. узел женский	V	в	50/30/10	75
Помещение №17- Кабинет ИТР	IV	a	70/50/30	300
Помещение №18- Охрана	IV	a	70/50/30	300
Помещение №19,1- Зона окраски	III	a	70/50/30	500
Помещение №19,2- Зона окраски	III	a	70/50/30	500

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
Помещение №20,1-Зона металлообработки	IV	a	50/30/10	200
Помещение №20,2- Зона лазерной резки	IV	a	50/30/10	200
Помещение №21- Зона распиловки профилей	IV	a	50/30/10	200
Помещение №22,1- Коридор	V	Б	70/50/30	100
Помещение №22,2- Коридор	V	Б	70/50/30	100
Помещение №22,3- Коридор	V	б	70/50/30	100

2.4 Расчет общего освещения методом коэффициентов

Проведем предварительный расчет общего освещения с помощью метода коэффициентов использования светового потока. Данный метод позволяет учитывать отражение света от пола, потолка и стен.

Коэффициент использования зависит от нескольких факторов:

1. Размер помещения.
2. Высота подвеса.
3. Цвет стен, потолка и пола.

Индекс помещения вычисляется по формуле:

$$i = S / h \times (A + B), \quad (5)$$

где A и B - длина помещения, м;

S - площадь помещения, m^2 ;

h - высота подвеса светильника, м.

Исходя из расчетов, находим коэффициент использования, данное значение является табличным.

Далее определяем требуемое количество светильников:

$$N = E_{\text{норм}} \times S \times K_{\text{зап}} \times Z / \Phi \times \eta \quad (6)$$

где $E_{\text{норм}}$ - требуемое значение освещенности, Лк;

S - площадь помещения, m^2 ;

$K_{\text{зап}}$ - коэффициент запаса;

Z - коэффициент равномерности освещения;

Φ - световой поток светильника, Лм;

η - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент, учитывающий равномерность освещения принимаем равным 1,1.

Рассчитаем количество светильников для каждого помещения:

Помещение №1- Склад 1:

$$N_1 = 100 \times 400 \times 1,5 \times 1,1 / 19870 \times 0,55 = 6,04$$

Помещение №2,1 - Офисное помещение работников склада:

$$N_{2,1} = 300 \times 4,9 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,1$$

Помещение №2,2 - Офисное помещение работников склада:

$$N_{2,2} = 300 \times 4,9 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,1$$

Помещение №2,3 - Офисное помещение работников склада:

$$N_{2,3} = 300 \times 4,9 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,1$$

Помещение №2,4 - Офисное помещение работников склада:

$$N_{2,4} = 300 \times 4,9 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,1$$

Помещение №3- Лаборатория:

$$N_3 = 500 \times 37 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,51 = 8,7$$

Помещение №4- Цех сборки:

$$N_4 = 200 \times 332 \times 1,2 \times 1,1 / 3560 \times 0,66 = 37,3$$

Помещение №5- Комната хранения опытных образцов:

$$N_5 = 300 \times 28 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,49 = 4,1$$

Помещение №6- Комната проверки IP:

$$N_6 = 300 \times 4 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 0,9$$

Помещение №7- Изолятор брака:

$$N_7 = 300 \times 16 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,45 = 2,6$$

Помещение №8- Изолятор брака:

$$N_8 = 300 \times 7,4 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,7$$

Помещение №9,1- Кабинет главного механика:

$$N_{9,1} = 300 \times 6 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,2$$

Помещение №9,2- Кабинет главного механика:

$$N_{9,2} = 300 \times 3,4 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 0,8$$

Помещение №10,1- Кабинет начальника производства:

$$N_{10,1} = 300 \times 8,36 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,9$$

Помещение №10,2- Кабинет начальника производства:

$$N_{10,2} = 300 \times 8,36 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,9$$

Помещение №11- Темная комната:

$$N_{11} = 300 \times 40 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,49 = 2,8$$

Помещение №12- SMD монтаж:

$$N_{12} = 500 \times 38 \times 1,2 \times 1,1 / 6707 \times 0,49 = 7,6$$

Помещение №13- Столовая:

$$N_{13} = 200 \times 58 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,55 = 5,2$$

Помещение №14- Цех прокатки профилей:

$$N_{14} = 200 \times 96 \times 1,2 \times 1,1 / 3560 \times 0,51 = 13,9$$

Помещение №15,1- Раздевалка мужская:

$$N_{15,1} = 75 \times 33,6 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,49 = 2,5$$

Помещение №15,2- Раздевалка женская:

$$N_{15,2} = 75 \times 33,6 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,49 = 2,5$$

Помещение №16,1- Сан. узел:

$$N_{16,1} = 75 \times 8,2 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,33 = 0,9$$

Помещение №16,2- Сан. узел:

$$N_{16,2} = 75 \times 8,2 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,33 = 0,9$$

Помещение №17- Кабинет ИТР:

$$N_{17} = 300 \times 89 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,58 = 11$$

Помещение №18- Охрана:

$$N_{18} = 300 \times 7 \times 1,2 \times 1,1 / 5350 \times 0,31 = 1,2$$

Помещение №19,1- Зона окраски:

$$N_{19,1} = 500 \times 148,8 \times 1,2 \times 1,1 / 4644 \times 0,62 = 34$$

Помещение №19,2- Зона окраски:

$$N_{19,2} = 500 \times 93,6 \times 1,2 \times 1,1 / 4644 \times 0,58 = 22,4$$

Помещение №20,1- Зона металлообработки:

$$N_{20,1} = 200 \times 570 \times 1,8 \times 1,1 / 3560 \times 0,61 = 18,7$$

Помещение №20,2- Зона лазерной резки:

$$N_{20,2} = 200 \times 355 \times 1,8 \times 1,1 / 19870 \times 0,57 = 8,2$$

Помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$N_{21} = 200 \times 67 \times 1,8 \times 1,1 / 5350 \times 0,52 = 9,5$$

Помещение №22,1- Коридор:

$$N_{22,1} = 100 \times 30 \times 1,2 \times 1,8 / 2794 \times 0,56 = 4,3$$

Помещение №22,2- Коридор:

$$N_{22,2} = 100 \times 28 \times 1,2 \times 1,6 / 2794 \times 0,56 = 3,4$$

Помещение №22,3- Коридор:

$$N_{22,3} = 100 \times 12 \times 1,2 \times 1,1 / 2794 \times 0,56 = 1,01$$

По полученным данным смоделируем освещение в программе Dialux EVO. Программа поможет нам найти оптимальное место для подвеса светильников. Исходя из смоделированного освещения, было скорректировано количество светильников в некоторых помещениях. Модель завода представлена на рисунке 2.5, на данном рисунке указаны помещения, расположение светильников. Полученные данные занесены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Сводная таблица по рассчитанным светильниками

Наименование зоны	Высота подвеса светильника	Площадь помещения	Индекс помещения i	Требуемая норма	Коэффициент запаса	Коэффициент использования светового потока	Световой поток светильника	Расчетное количество светильников
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помещение №1- Склад	5,8	400	1,8	100	1,5	0,55	19870	6
Помещение №2.1 - Офисное помещение работников склада	2,7	4,9	0,4	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №2.2 - Офисное помещение работников склада	2,7	4,9	0,4	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №2.3 - Офисное помещение работников склада	2,7	4,9	0,4	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №2.4 - Офисное помещение работников склада	2,7	4,9	0,4	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №3- Лаборатория	2,7	37	1,1	500	1,2	0,51	5350	9
Помещение №4- Цех сборки	2,7	332	4,1	200	1,2	0,66	3560	37
Помещение №5- Комната хранения опытных образц	2,7	28	1	300	1,2	0,49	5350	4
Помещение №6- Комната проверки IP	2,7	4	0,4	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №7- Изолятор брака	2,7	16	0,7	300	1,2	0,45	5350	3
Помещение №8- Изолятор брака	2,7	7,4	0,5	300	1,2	0,31	5350	2

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помещение №9,1- Кабинет главного механика	2,7	6	0,45	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №9,2- Кабинет главного механика	2,7	3,36	0,32	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №10,1- Кабинет нач. производства	2,7	8,36	0,5	300	1,2	0,45	5350	2
Помещение №10,2- Кабинет начальника производства	2,7	8,36	0,5	300	1,2	0,45	5350	2
Помещение №11- Темная комната	2,7	40	1,2	0	1,2	0,49	0	0
Помещение №12- SMD монтаж	2,7	38	1	500	1,2	0,49	6707	8
Помещение №13- Столовая	2,7	58	1	200	1,2	0,55	5350	5
Помещение №14- Цех прокатки профилей	2,7	96	1,1	200	1,2	0,51	3560	14
Помещение №15,1- Раздевалка мужская	2,7	33,6	1	75	1,2	0,45	2794	3
Помещение №15,2- Раздевалка женская	2,7	33,6	1	75	1,2	0,49	2794	3
Помещение №16,1- Сан. узел	2,7	8,2	0,5	75	1,2	0,33	2794	1
Помещение №16,2- Сан. узел	2,7	8,2	0,5	75	1,2	0,31	2794	1
Помещение №17- Кабинет ИТР	2,7	89	1,5	300	1,2	0,58	5350	12
Помещение №18- Охрана	2,7	7	0,5	300	1,2	0,31	5350	1
Помещение №19,1- Зона окраски	2,7	148,8	2,25	500	1,2	0,62	4644	34

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помещение №19,2- Зона окраски	2,7	93,6	1,75	500	1,2	0,58	4644	22
Помещение №20,1- Зона металлообработки	2,7	567	3,1	200	1,8	0,61	3560	19
Помещение №20,2- Зона лазерной резки	5,8	355	1,5	200	1,8	0,57	19870	8
Помещение №21- Зона распиловки профилей	2,7	67	1,4	200	1,8	0,52	5350	9
Помещение №22,1- коридор	2,7	30	1,8	100	1,2	0,56	2794	5
Помещение №22,2- коридор	2,7	28	1,6	100	1,2	0,56	2794	4
Помещение №22,3- коридор	2,7	12	1,1	100	1,2	0,56	2794	1

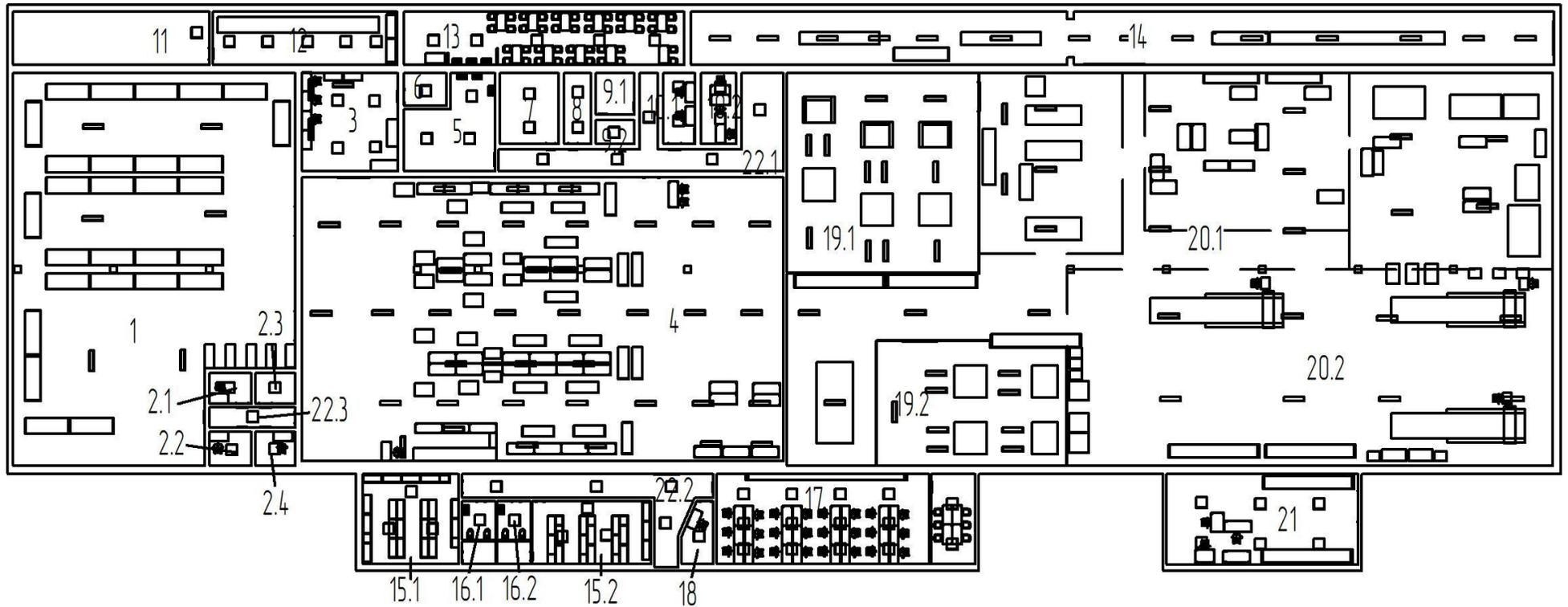


Рисунок 2.5 – Модель завода с установленными светильниками

По рассчитанным данным, требуется спроектировать интеллектуальную систему освещения. В данном проекте будет применяться протокол DALI.

Система управления освещением по протоколу DALI была разработана специально для управления освещением, это говорит о узкой направленности данного протокола. Обобщенная схема подключения по протоколу DALI представлена на рисунке 2.6

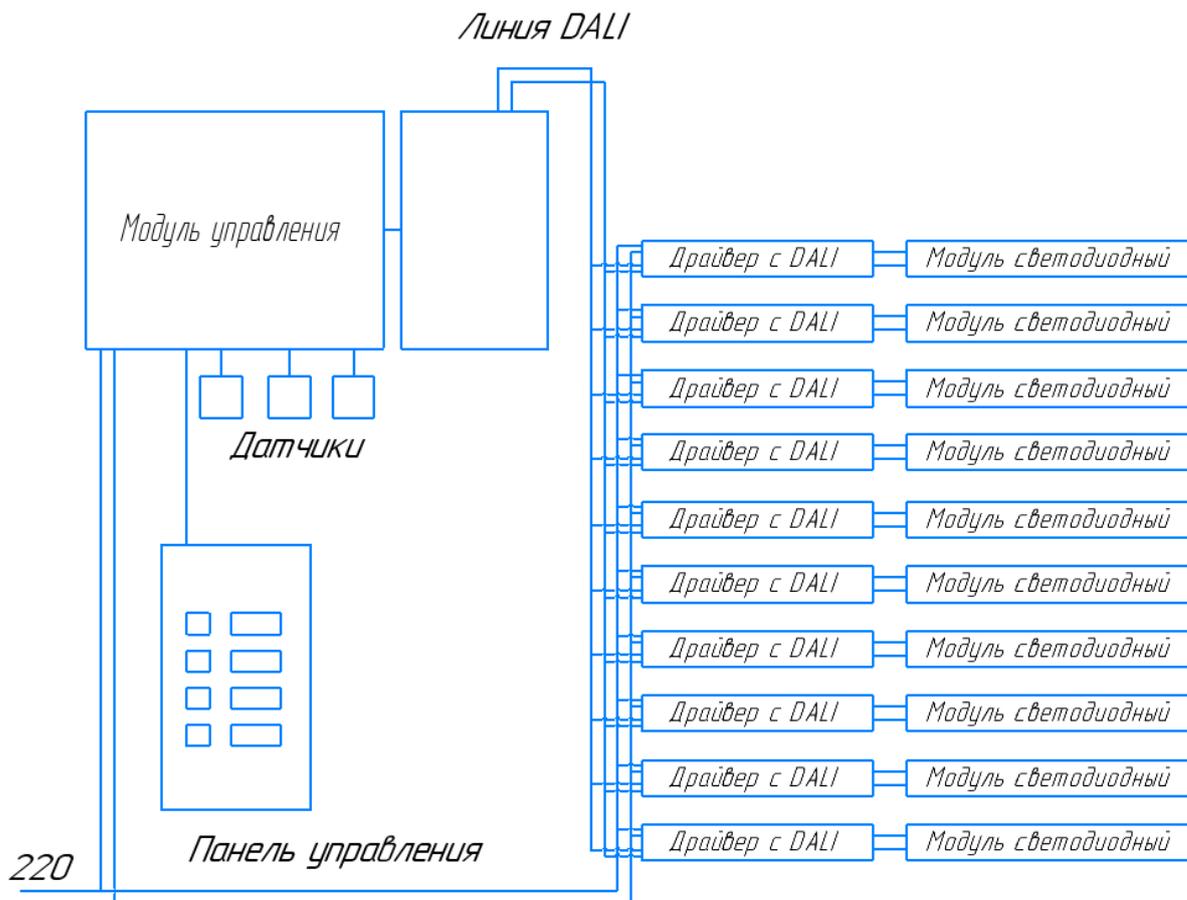


Рисунок 2.6 - Структурная схема системы DALI

Протокол DALI стандартизирован согласно EIC 60929. Связь между контроллерами и устройствами осуществляется по 2-х проводной линии. Протокол DALI позволяет получать обратную связь. Для передачи команд используется экстремально низкое напряжение 22,5 В. Для источников питания оснащенных DALI, полярность подключенной линии не имеет значение. Также линии имеют высокую помехозащищенность, что позволяет использовать незадействованные проводники в силовом кабеле.

Сеть на базе DALI децентрализована и это дает возможность подключаться любым устройствам, у которых есть техническая возможность работать по DALI. Управляющие устройства имеют встроенную память, данное решение дает возможность хранить информацию по светильникам их группам и сценам.

Программирование в данном протоколе простое. Сообщение, отправляемое на устройство должно состоять из адреса и команды, например, {Device_0022, 25%}. Команда об включении освещения на 25% мощности направлена устройству с адресом 0022. Так же при объединении светильников в группу команда может иметь вид {Group_0210, Script_7}, это говорит о том, что группе с адресом 0210 направлена команда о выполнении сценария 7. В сценариях прописывается ряд команд для светильников. Протокол дали организован так что команды могут быть отправлены только 64 устройствам, подключенным к одной линии, для задействования большего количества устройств требуется использовать маршрутизатор, который позволяет задействовать до 200 устройств. Если существует больше управляемых устройств, то уже для объединения роутеров используют DALI шлюзы, количество управляемых устройств возрастает до 12800. Для проектирования сетей с использованием дали используется программа HELVAR Toolbox, а для создания сетей, где используются DALI шлюзы, требуется Helvar Designer.

Система дали позволит нам не только включать и выключать светильники по группам, но и даст возможность диммировать нужные нам группы и конкретны светильники. Один роутер может, хранит в себе до 16 сценариев и давать информацию пользователю о исправности осветительной установки, включена или выключена установки и какой задан уровень освещённости. В составе системы на базе протокола DALI можно применять различные датчики, что позволяет увеличить энергоэффективность освещения. Также если питание пропадает управляющий орган запоминает

действующий сценарий и при включении сети, сценарий, который был до выключения снова автоматически запускается.

Далее рассмотрим применение DALI на нашем производстве.

В помещении №1- склад установлено 6 светильников METEOR 155 CW LS IP65, в каждом из светильников установлен драйвер марки HELVAR с функцией DALI. Светильники поделены на 3 группы, каждая из групп оснащена датчиком движения. Каждая из групп отвечает за освещения в меж стеллажном пространстве. Стандартно освещение работает в дежурном режиме т.е на 30% от все мощности, далее при нахождении человека в зоне работы датчика движения, датчик подает сигнал и светильники начинают работать на 100% своей мощности. В системе группам присвоены адреса Group_0101, Group_0102 и Group_0103 они работают по Script_0101. Для данных светильников будет использоваться датчик движения марки NAVIGATOR 74965 NS-IRM04_WH

В помещениях №2,1;2,2;2,3;2,4 установлены светильники Ofled 608 CW O IP20 с встроенными датчиками присутствия, так как персонал склада часто выходит на склад, данное решение позволит автоматически выключать свет при отсутствии человека на рабочем месте.

В помещении №4-цех сборки, светильники поделены на 4 группы и создано 3 сценария, группы 1-3 будут отвечать за освещение сборочных линий, а группа 4 отвечает за освещение проходов. Группам присвоены адреса Group_0401, Group_0402, Group_0403 и Group_0404. Создано несколько сценариев работы светильников. При работе по Script_0401 светильники в временных промежутках: для первой смены 7.00-9.00;9.15-11.00;13.00-14.00;14.15-15.30, для второй смены 15.30-17.30;17.45-19.30;20.00-21.45;22.00-24.00, работают на 100 % своей мощности, а в технические перерывы и обеденный перерыв светильники групп 1-3 выключаются и остается только освещение проходов. Так же в Script_0401 для светильников Group_0401, Group_0402 указаны условия работы светильников: в период с 7.00 до 12.00 светильники Group_0401 и

Group_0401 работают на 50% своей мощности. В данный момент времени освещенность на рабочем месте достигает требуемых норм за счет сочетания естественного освещения и искусственного. В Script_0402, Script_0403, Script_0404 учитывается загрузка линий, при работе второй смены в Script_0402 отключаются светильники, входящие в Group_0401, в Script_0403 отключаются светильники, входящие в Group_0402, в Script_0404 выключаются светильники, входящие в Group_0401 и Group_0402. Наличие этих сценариев обосновывается тем что во вторую смену не всегда требуется работа всех 3-х линий, в зимнее время в данной отрасли наблюдается снижение спроса на светильники, что влечет за собой отказ от работы во вторую смену 1-2 линий сборки.

В помещении №9-кабинет главного механика установлены светильники Ofled 608 CW O IP20 с встроенным датчиком присутствия, так как главный механик часто выходит в производство это поможет контролировать работу светильника при отсутствии работника в помещении, такие же светильники будут установлены в помещении №10-кабинет начальник производства.

В помещении №12- SMD монтаж установлены светильники Ofled 609 , управление светильниками будет осуществляться по Script_1201.В данном сценарии будет учитываться сигнал получаемый с фотометрического датчика, так как в помещении находится ряд световых проемов, данное решение, позволит учитывать естественный свет, в светлое время суток светильники будут включены на 50% своей мощности , а при уменьшении освещения фотометрический датчик будет сигнализировать системе что освещение не соответствует норме и мощность светильников поднимется до 100%. Группе присвоен адрес Group_1201.

В помещении №13-столовая установлены светильники Ofled 609 WW O IP20 с встроенным датчиком присутствия. Светильники объединены в группу, которой присвоен адрес Group_1301 и для данной группы будет действовать Script_1301, который учитывает обеденное время на

производстве и в промежутки времени 11.00-13.00 и 19.00-20.30 светильники работают на 100% своей мощности. В не обеденное время светильники выключены, но так как они оснащены датчиком присутствия, при наличии персонала в помещении освещение будет гореть на полную мощность. Также данные светильники оснащены светодиодами с цветовой температурой 3000 К, учеными доказано что для отдыха наиболее благоприятным является теплый свет, поэтому в столовой установленные светильники такой модификации.

В помещении № 14- цех прокатки профилей установлены светильники Saturn, светильники объединены в общую группу, которой присвоен адрес Group_1401. Так как в помещении есть ряд оконных проемов в установленных светильниках будет применяться датчик освещенности, датчик позволит контролировать уменьшение освещенности на рабочем месте. При снижении естественного освещения фотометрический датчик подаст сигнал и мощность светильников будет увеличена с 50% до 100%. Данное решение позволит учитывать естественную освещенность. Светильники, объединенные в группу Group_1401 будут работать по Scrip_1401.

В помещениях №19-зона окраски, светильники поделены на 2 группы, которым даны адреса Group_1901 и Group_1902, данные зоны будут управляться по Script_1901 или Script_1902, в которых прописано расписание работы светильников из Script_0401, но учтена загрузка покрасочных зон во вторую смену. Во вторую смену в зависимости от загрузки может не работать одна из покрасочных зон, но освещение на ней может потребоваться, так как там складировается задел по покрашенным мелким деталям. На входе в зону будет установлен датчик движения, и при прохождении рабочего в покрасочную зону датчик будет срабатывать и включать свет на 50% своей мощности, данного освещения хватит для того что бы найти требуемые детали.

В помещении №20 Основной цех металлообработки, светильники поделены на 5 групп, группа 1 отвечает за освещение проходов и ей присвоен адрес Group_2001, группа 2 отвечает за зону фосфатации и ей присвоен адрес Group_2002, группа 3 отвечает за зону сварки и ей присвоен адрес Group_2003, группа 4 отвечает за зону гибки и ей присвоен адрес Group_2004 и группа 5 отвечает за зону лазерной резки и ей присвоен адрес Group_2005. Для данных групп будет использоваться Script_2001, в данной команде реализовано управление по Script_0401, но добавлено управление для 3-тей смены, так как в третью смену проводятся гибочные работы и лазерная резка, и нам потребуется освещение с помощью светильников входящих в Group_2004, Group_2005 и Group_2001. Данные группы будут работать на 100% своей мощности в промежутке с 24.00 до 07.00

В помещении № 22- коридор, на группу светильников установлены датчики движения. И данным светильникам присвоены группы Group_2201 и Group_2202. При прохождении человека по коридору освещение будет автоматически включаться.

2.5 Аварийное освещение

Аварийное освещение используется для безопасной эвакуации персонала из помещения, при отключении питания рабочего освещения. Аварийное освещение обеспечивает освещенность путей эвакуации. Освещение для данных путей должно составлять 10 % от нормы для зоны, где находится путь эвакуации. На данном производстве в систему освещения будут установлены светильник с встроенным блоком аварийного питания.

Блок аварийного питания состоит из блока управления и батареи, данный блок взаимодействует с источником питания светильника и при отключении сети светильник продолжает работать на 10% от своей мощности в течении 3 часов. В используемых светильниках установлен блок аварийного питания фирмы EMLED. В общей сложности на заводе установлено 29 светильников, оснащенных блоками аварийного питания,

данные светильник в полно мере обеспечивают освещения эвакуационных путей.

2.6 Выбор щитка и распределение нагрузки по фазам

Для питания освещения используется напряжение 220 В. Нагрузка распределяется на несколько групп, такое решение позволяет равномерно распределить нагрузку между фазами для того что бы исключить возможность возникновения не симметрии сети

На производстве будет установлено 3 щита освещения. Первый щит освещения устанавливается в помещении №4 – основной цех сборки, второй щит устанавливается в помещении 18 –охрана и третий щит освещения будет установлен в цехе металлообработки в зоне лазерной резки.

В каждом щите будут запитаны три группы светильников, группы распределены таким образом, чтобы не возникла не симметрия сети и помещения локально находились в одном крыле. К щиту освещения под номером 1 подключены помещения: №1- Склад, №2 - Офисное помещение работников склада, №3- Лаборатория, №4- Цех сборки, №5- Комната хранения опытных образцов, №6- Комната проверки IP, №7- Изолятор брака, №8- Изолятор брака, №9- Кабинет главного механика, №10- Кабинет начальника производства, №11- Темная комната, №12- SMD монтаж, №13- Столовая, Коридор. Распределим помещения, по группа исходя из нагрузки осветительных приборов. В группу 1 будут входить помещения: №4- Цех сборки, Коридор. В группу 2 будут входить помещения: №1- Склад, №2 - Офисное помещение работников склада, №12- SMD монтаж. В группа 3 будут входить помещения: №3- Лаборатория, №5- Комната хранения опытных образцов, №6- Комната проверки IP, №7- Изолятор брака, №8- Изолятор брака, №9- Кабинет главного механика, №10- Кабинет начальника производства, №11- Темная комната, №13- Столовая.

Рассчитаем ток каждой группы и найдем расчетную нагрузку для щита освещения № 1.

Расчетная нагрузка вычисляется по формуле:

$$P_{расч} = K_c \times P_{уст} \quad (7)$$

где K_c -коэффициент спроса (для осветительных установок $K_c=1$)

$P_{уст}$ -мощность светильников, Вт;

Найдем расчетную нагрузку для группы 1:

$$P_{расч1,1} = 1 \times 1379 = 1379 \text{ Вт}$$

Найдем расчетную нагрузку для группы 2:

$$P_{расч1,2} = 1 \times 1362 = 1362 \text{ Вт}$$

Найдем расчетную нагрузку для группы 3:

$$P_{расч1,3} = 1 \times 1341 = 1341 \text{ Вт}$$

Рассчитаем ток для щита освещения №1 по формуле:

$$I_{расч} = \frac{P_{расч}}{U \times \cos \varphi} \quad (8)$$

где $P_{расч}$ -расчетная мощность, Вт;

U -напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ -коэффициент мощности.

Рассчитаем ток для группы 1:

$$I_{расч1,1} = \frac{1379}{220 \times 0.97} = 6.5 \text{ А}$$

Рассчитаем ток для группы 2:

$$I_{расч1,2} = \frac{1362}{220 \times 0.97} = 6.4 \text{ А}$$

Рассчитаем ток для группы 3:

$$I_{расч1,3} = \frac{1341}{220 \times 0.97} = 6.3 \text{ А}$$

Полученные данные внесем в таблицу 4.

К щиту освещения под номером 2 подключены помещения: №15- Раздевалки мужская и женская, №16- Сан. узел, №17- Кабинет ИТР, №18- Охрана, Коридор. Помещения в данном щите распределяться по группам не будут, так как данный щит используется не только для осветительных приборов, но и для розеточной сети.

Рассчитаем ток каждой группы и найдем расчетную нагрузку для щита освещения № 2.

Найдем расчетную нагрузку для группы 1:

$$P_{расч2,1} = 1 \times 1103 = 1103 \text{ Вт}$$

Рассчитаем ток для группы 1:

$$I_{расч2,1} = \frac{1103}{220 \times 0.97} = 5.2 \text{ А}$$

Полученные данные внесем в таблицу 4

К щиту освещения под номером 3 подключены помещения: №20- Основной цех металлообработки, №19- Зона окраски, №21- Зона распиловки профилей, №14- Цех прокатки профилей. Распределим помещения, по группа исходя из нагрузки осветительных приборов. В группу 1 будет входить часть помещения №20 – зона гибки, фосфатации, окраски и проход. В группу 2 будет входить зона окраски 19,1 и часть цеха, где расположен участок лазерной резки. В группу 3 будут входить помещения: №21- Зона распиловки профилей, №14- Цех прокатки профилей и зона окраски №19,2.

Рассчитаем ток каждой группы и найдем расчетную нагрузку для щита освещения № 3.

Найдем расчетную нагрузку для группы 1:

$$P_{расч3,1} = 1 \times 1208 = 1208 \text{ Вт}$$

Найдем расчетную нагрузку для группы 2:

$$P_{расч3,2} = 1 \times 1150 = 1150 \text{ Вт}$$

Найдем расчетную нагрузку для группы 3:

$$P_{расч3,3} = 1 \times 1145 = 1145 \text{ Вт}$$

Рассчитаем ток для группы 1:

$$I_{расч3,1} = \frac{1208}{220 \times 0.97} = 5.6A$$

Рассчитаем ток для группы 2:

$$I_{расч3,2} = \frac{1150}{220 \times 0.97} = 5.4A$$

Рассчитаем ток для группы 3:

$$I_{расч3,3} = \frac{1145}{220 \times 0.97} = 5.4A$$

Полученные данные внесем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Распределение светильников по фазам

Номер щита освещения	Группа	Помещения	Фаза	$P_{расч}, Вт$	$\cos F$	$I_{расч}, A$
ЩО 1	1	4;коридор.	L1	1379	0.97	6.5
	2	1;2;12.	L2	1362	0.97	6.4
	3	3;5;6;7;8;9;10;11;13.	L3	1341	0.97	6.3
ЩО 2	1	15;16;18;17;коридор.	L1	1103	0.97	5.2
ЩО 3	1	14	L1	1208	0.97	5.6
	2	14;19,1	L2	1150	0.97	5.4
	3	21;14;19,2	L2	1145	0.97	5.4

Для установки выбран щит фирмы АВВ ЦРН-П-12

Марка щитка	Номинальный ток	Количество модулей	Высота	Ширина	Глубина
ЦРН-П-12	63 А	12	305	200	95

2.7 Расчет и выбор пускорегулирующей аппаратуры

Для управления светильниками, оснащенными драйверами с протоколом DALI, был выбран контроллер фирмы arlight: Контроллер DALI-TIMER-DIN (DALI-BUS, RTC). Контроллер монтируется на din рейку в

электрический щит. К данному контроллеру может быть подключено до 64 устройств DALI . Контроллер имеет габариты: длина-87мм,ширина-36, высота 60мм. Контроллер имеет защиту от пыли и влаги IP30 .Частота сети 45-65 Гц, гарантия на данный контроллер 2года.

Для управления освещением требуется применять 2 контроллера которые будут установлены в ЩО1 и ЩО3.

Первый контроллер установлен в ЩО1. Данный контроллер отвечает за помещения: 4-цех сборки; 1- склад; 13- столовая. С помощью контроллера осуществляется управление светильникам в количестве 43 шт по сценариям Script_0101,Script_1301,Script_0401,Script_0402,Script_0403,Script_0404, данные сценарии были описаны ранее. В таблице 2.4 Указаны адреса светильников и адреса групп, в которые они объединены.

Таблица 2.4 – Адреса групп и светильников ЩО1

№ электрического щита	№ помещения	Адреса групп	Адреса светильников	Фактическое название светильников	Сценарий
ЩО1 Контроллер 1	1	Group_0101	Devise_0101 -0102	Meteor 155 CW LS IP65	Script_0101
		Group_0102	Devise_0103 -0104		
		Group_0103	Devise_0105 -0106		
	4	Group_0401	Devise_0401 -0403	Saturn 408 CW IP20	Script_0401(Script_0402, Script_0403,Script_0404)
		Group_0402	Devise_0404 -0406		
		Group_0403	Devise_0407 -04015		
		Group_0404	Devise_0416 -0439	Direct line 35 CW IP20	
	13	Group_1301	Devise_1301 -1305	Ofled 608 WW IP20	Script_1301

В ЩОЗ установлен контроллер №3 который отвечает за помещения №14- Цех прокатки профилей, №19- Зона окраски, №20-цех металлообработки. Суммарно к контроллеру будет подключено 62 светильника.

В таблице 2.5 Указаны адреса светильников и адреса групп, в которые они объединены.

Таблица 2.5 – Адреса групп и светильников ЩОЗ

№ электрического щита	№ помещения	Адреса групп	Адреса светильников	Фактическое название светильников	Сценарий
ЩОЗ Контроллер 3	14	Group_1401	Devise_140 1-1414	Saturn 408 CW IP20	Script_1 401
	19	Group_1901	Devise_190 1-1912	Saturn 607 CW IP20	Script_1 901 или
		Group_1902	Devise_191 3-1921		Script_1 901
	20	Group_2001	Devise_200 1-2007	Saturn 408 CW IP20	Script_2 001
		Group_2002	Devise_200 8-2010	Saturn 408 CW IP20	
		Group_2003	Devise_201 1-2014	Saturn 408 CW IP20	
		Group_2004	Devise_201 5-2018	Saturn 408 CW IP20	
		Group_2005	Devise_201	Meteor 155	

			9-2026	CW LS IP65	
--	--	--	--------	---------------	--

Для выбора сценариев работы светильников выбрана панель фирмы INTELLIGENT ARLIGHT Панель DALI-223-4G-DIM-IN (BUS). Данная панель будет установлена рядом с электрическим щитом №1 и №3, она позволяет быстро переключать сценарии работы светильников. В данной панели возможно переключение до 7 сценариев.

Далее произведем выбор вводного автоматического выключателя и однофазных автоматических выключателей для каждой фазы.

Автоматические выключатели выбираются с условием, что $I_p < I_{ном} < I_{откл}$, где I_p - расчетный ток линии, $I_{ном}$ - номинальный ток автоматического выключателя и $I_{откл}$ - ток отключения. Ток отключения должен быть на 20-30% больше рассчитанного тока на защищаемом участке. В ЩО1-3 будут установлены однофазные автоматические выключатели фирмы Schneider Electric –10А С 4.5кА EASY9. Вводной автоматический выключатель выбирается с учетом утроенного тока, на наиболее нагруженной фазе.

Наиболее нагруженной фазой является L1.

$$I_{расч} = \frac{3 \times 1379}{220 \times 0.97} = 19.3.A$$

В ЩО1 и ЩО3 будет установлен вводной автоматический выключатель фирмы Schneider Electric -20А С 4.5кА EASY9.

2.8 Выводы по разделу 2

1) Выбран энергоэффективный источник света. Выбраны светодиодные светильники производства ВСТЗ ЛУЧ METEOR, Saturn, DIRECT LINE и OFLED.

2) Выбрана современная интеллектуальная система управления освещением, так как существует множество протоколов управления был произведен сравнительный анализ протоколов управления и основным

протоколом выбран DALI. Протокол DALI является наиболее распространенным и благодаря этому наиболее доступным. Так же протокол DALI не требует дополнительной прокладки кабелей для управления светильниками.

3) Определен разряд и под разряд зрительных работ и определены нормы освещенности.

4) Произведен расчет освещения с помощью метода коэффициентов, и по полученным данным в программе DIALUX EVO смоделировано освещение.

5) Произведен расчет мощности светильников для равномерного распределения нагрузки по фазам.

3 Техничко-экономическое обоснование проекта

3.1 Расчет экономии в натуральном эквиваленте

Для оценки экономической эффективности данного проекта требуется рассчитать срок окупаемости. Для расчета срока окупаемости вычисляется экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте. При расчете годового потребления электроэнергии светодиодными светильниками было учтено время их работы согласно сценариям по протоколу DALI. Далее полученные данные переводятся в топливный эквивалент, топливный эквивалент требуется для нахождения индекса энергоэффективности. Следующим шагом является расчет капитальных затрат на проект и расчет срока окупаемости. В таблице 3.1 указано количество светильников в помещениях и их основные технические характеристики.

Таблица 3.1 – Сводная таблица по применяемым светильникам

Наименование зоны	Светильник	Кол-во	Мощность	Световой поток светильника
1	2	3	4	5
Помещение №1- Склад	Meteor К 155 CW IP65	6	151	19870
Помещение №2 - Офисное помещение работников склада	Ofled 608 CW IP20	4	48.6	5350
Помещение №3- Лаборатория	Ofled 608 CW IP20	4	48.6	5350
	Saturn 607 CW IP20	3	43	4644
Помещение №4- Цех сборки	Saturn 408 CW IP20	13	33.4	3560
	Direct Line 35 CW IP20	24	33.4	3560
Помещение №5- Резервное помещение	Ofled 608 CW IP20	3	48.6	5350
Помещение №6- Комната проверки IP	Ofled 608 CW IP20	1	48.6	5350
Помещение №7- Резерв	Ofled 608 CW IP20	2	48.6	5350
Помещение №8- Резерв	Ofled 608 CW IP20	2	48.6	5350
Помещение №9- Кабинет главного механика	Ofled 608 CW IP20	2	48.6	5350
Помещение №10- Кабинет начальника производства	Ofled 608 CW IP20	3	48.6	5350
Помещение №11- Темная комната	Ofled 407 CW IP20	1	28.2	2794

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
Помещение №12- SMD монтаж	Ofled 609 CW IP20	5	52.4	6707
Помещение №13- Столовая	Ofled 608 WW IP20	5	48.6	5350
Помещение №14- Цех прокатки профилей	Saturn 408 CW IP20	14	33.4	3560
Помещение №15- Раздевалки мужская и женская	Ofled 407 CW IP20	6	28.2	2794
Помещение №16- Сан. узел	Ofled 407 CW IP20	2	28.2	2794
Помещение №17- Кабинет ИТР	Ofled 608 CW IP20	14	48.6	5350
Помещение №18- Охрана	Ofled 608 CW IP20	1	48.6	5350
Помещение №19- Зона окраски	Saturn 607 CW IP20	21	43	4644
Помещение №20- Основной цех металлообработки	Meteor K 155 CW IP65	8	151	19870
	Saturn 408 CW IP20	19	33.4	3560
Помещение №21- Зона распиловки профилей	Ofled 608 CW IP20	6	48.6	5350
Помещение №22- Коридор	Ofled 407 CW IP20	11	28.2	2794

Для оценки экономической эффективности и расчета окупаемости рассчитаем годовое потребление электроэнергии светодиодными светильниками по формуле:

$$W_{zi} = P_{ce} \times n \times T_{раб.д} \times N_d, \quad (9)$$

где W_{zi} – годовое потребление i -го помещения;

n – количество светильников в помещении или группе;

$T_{раб.д.}$ – часы работы светильника в течении рабочего дня i -го помещения;

N_d – количество рабочих дней в году.

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №1-Склад, рассчитывается с учетом использования в данном помещении датчиков движения и системы управления DALI. Суммарное годовое потребления складывается из потребляемой энергии по группам, в которые объединены светильники:

$$W_{2.2p1} = 151 \times 2 \times 8 \times 315 = 761,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2.2p2} = 151 \times 4 \times 4 \times 315 = 761,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2.2p3} = 151 \times 0,3 \times 4 \times 4 \times 315 = 228,312 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{21} = 761,04 + 951,3 + 228,312 = 1750,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №2 - Офисное помещение работников склада:

Помещение №2.1:

$$W_{22,1} = 48,6 \times 1 \times 4 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.2:

$$W_{22,2} = 48,6 \times 1 \times 4 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.3:

$$W_{22,3} = 48,6 \times 1 \times 4 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2.4:

$$W_{2,4} = 48,6 \times 1 \times 4 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №3-
Лаборатория:

$$W_{23} = 48,6 \times 4 \times 8 \times 315 + 43 \times 3 \times 8 \times 315 = 815 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №4-
Цех сборки, рассчитывается с учетом использования в данном помещении
системы управления DALI. Суммарное годовое потребления складывается из
потребляемой энергии по группам, в которые объединены светильники:

$$W_{2,2p1} = 33,4 \times 3 \times 16 \times 315 = 505 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2,2p2} = 33,4 \times 3 \times 11 \times 315 + 33,4 \times 0,5 \times 3 \times 5 \times 315 = 426,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2,2p3} = 33,6 \times 9 \times 11 \times 315 + 33,4 \times 0,5 \times 9 \times 5 \times 315 = 1041,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2,2p4} = 33,4 \times 24 \times 16 \times 315 = 4040,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{24} = 505 + 426,1 + 1041,6 + 4040,1 = 6249,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №5-
Комната хранения опытных образцов:

$$W_{25} = 48,6 \times 3 \times 2 \times 315 = 91,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №6-
Комната проверки IP:

$$W_{26} = 48,6 \times 1 \times 1 \times 315 = 15,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №7-
Изолятор брака:

$$W_{27} = 48,6 \times 2 \times 2 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №8-
Изолятор брака:

$$W_{28} = 48,6 \times 2 \times 2 \times 315 = 61,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №9-
Кабинет главного механика:

Помещение №9,1:

$$W_{29,1} = 48,6 \times 1 \times 6 \times 315 = 91,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №9,2:

$$W_{29,2} = 48,6 \times 1 \times 6 \times 315 = 91,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№10- Кабинет начальника производства:

Помещение №10,1:

$$W_{210,1} = 48,6 \times 2 \times 9 \times 315 = 275,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №10,2:

$$W_{210,2} = 48,6 \times 2 \times 9 \times 315 = 275,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№11- Темная комната:

$$W_{211} = 48,6 \times 1 \times 1 \times 315 = 15,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№12- SMD монтаж:

$$W_{212} = 52,4 \times 11 \times 5 \times 315 + 52,4 \times 0,5 \times 5 \times 5 \times 315 = 1114,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№13- Столовая:

$$W_{213} = 48,6 \times 5 \times 4 \times 315 = 306,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№14- Цех прокатки профилей:

$$W_{214} = 33,4 \times 14 \times 3 \times 315 + 33,4 \times 0,5 \times 14 \times 5 \times 315 = 810,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении
№15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1 мужская раздевалка:

$$W_{215,1} = 28,2 \times 3 \times 2 \times 315 = 53,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №15,2 женская раздевалка:

$$W_{215,2} = 28,2 \times 3 \times 2 \times 315 = 53,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №16- Сан. узел:

Помещение №16,1- мужской Сан. узел:

$$W_{216,1} = 28,2 \times 1 \times 3 \times 315 = 26,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №16,2- женский Сан. узел:

$$W_{216,2} = 28,2 \times 1 \times 3 \times 315 = 26,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №17- Кабинет ИТР:

$$W_{217} = 48,6 \times 14 \times 8 \times 315 = 1714,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №18- Охрана:

$$W_{218} = 48,6 \times 1 \times 24 \times 315 = 367,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №19- Зона окраски:

Помещение №19,1:

$$W_{219,1} = 43 \times 12 \times 8 \times 315 + 43 \times 12 \times 8 \times 315 = 2600,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №19,2:

$$W_{219,2} = 43 \times 9 \times 8 \times 315 + 43 \times 0,5 \times 9 \times 4 \times 315 = 1219,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №20- Основной цех металлообработки:

$$W_{2.2p1} = 33,4 \times 7 \times 24 \times 315 = 1767,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2.2p2} = 33,4 \times 3 \times 8 \times 315 = 252,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{2.2p3} = 33,4 \times 4 \times 8 \times 315 = 336,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\text{з.зр4}} = 33,4 \times 4 \times 16 \times 315 = 673,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\text{з.зр5}} = 33,4 \times 8 \times 24 \times 315 = 9132,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\text{з20}} = 1767,5 + 252,5 + 336,7 + 637,3 + 9132,5 = 12162,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №21- Зона распиловки профилей:

$$W_{\text{з21}} = 48,6 \times 6 \times 8 \times 315 = 734,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовое потребление электроэнергии светильниками в помещении №22- Коридор:

Помещение №22,1:

$$W_{\text{з22,1}} = 28,2 \times 5 \times 8 \times 315 + 28,2 \times 0,3 \times 5 \times 8 \times 315 = 461,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №22,2:

$$W_{\text{з22,2}} = 28,2 \times 4 \times 8 \times 315 + 28,2 \times 0,3 \times 4 \times 8 \times 315 = 369,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №22,3:

$$W_{\text{з22,3}} = 28,2 \times 1 \times 4 \times 315 + 28,2 \times 0,3 \times 1 \times 4 \times 315 = 46,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Для оценки экономической эффективности и расчета окупаемости требуется рассчитать экономию электроэнергии в натуральном эквиваленте за год.

$$\mathcal{E}_n = W_{\text{з.люм}} - W_{\text{з.св}} \quad (10)$$

где \mathcal{E}_n – экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте;

$W_{\text{з.люм}}$ – годовое потребления электроэнергии люминесцентными светильниками;

$W_{\text{з.св}}$ – годовое потребления электроэнергии светодиодными светильниками;

Помещение №1- Склад 1:

$$\mathcal{E}_{\text{н.1.}} = 3755,4 - 1750,4 = 2004,9$$

\mathcal{E}_n Помещение №2 - Офисное помещение работников склада:

Помещение №2,1

$$\mathcal{E}_{н.2.1} = 178,8 - 61,2 = 117,6$$

Помещение №2,2

$$\mathcal{E}_{н.2.2} = 178,8 - 61,2 = 117,6$$

Помещение №2,3

$$\mathcal{E}_{н.2.3} = 178,8 - 61,2 = 117,6$$

Помещение №2,4

$$\mathcal{E}_{н.2.4} = 178,8 - 61,2 = 117,6$$

Э_н Помещение №3- Лаборатория:

$$\mathcal{E}_{н.3.} = 1609,5 - 815 = 794,5$$

Э_н Помещение №4- Цех сборки:

$$\mathcal{E}_{н.4.} = 12070,8 - 6249,5 = 5821,3$$

Э_н Помещение №5-Комната хранения опытных образцов:

$$\mathcal{E}_{н.5.} = 152,4 - 91,9 = 60,5$$

Э_н Помещение №6- Комната проверки IP:

$$\mathcal{E}_{н.6.} = 22,4 - 15,3 = 7,1$$

Э_н Помещение №7- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{н.7.} = 89,4 - 61,2 = 28,2$$

Э_н Помещение №8- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{н.8.} = 101,6 - 61,2 = 40,4$$

Э_н Помещение №9- Кабинет главного механика:

Помещение №9,1

$$\mathcal{E}_{н.9.1} = 178,8 - 91,9 = 86,9$$

Помещение №9,2

$$\mathcal{E}_{н.9.2.} = 178,8 - 91,9 = 86,9$$

Э_н Помещение №10- Кабинет начальника производства:

Помещение №10,1

у

Помещение №10,2

$$\mathcal{E}_{н.10,2} = 715,3 - 275,6 = 439,7$$

Э_н Помещение №11- Темная комната:

$$\mathcal{E}_{н.11} = 26,4 - 15,3 = 11,1$$

Э_н Помещение №12- SMD монтаж:

$$\mathcal{E}_{н.12} = 8534,9 - 1114,2 = 7420,7$$

Э_н Помещение №13- Столовая:

$$\mathcal{E}_{н.13} = 812,9 - 306,2 = 506,7$$

Э_н Помещение №14- Цех прокатки профилей:

$$\mathcal{E}_{н.14} = 2185,7 - 810,2 = 1375,5$$

Э_н Помещение №15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1

$$\mathcal{E}_{н.15,1} = 170,7 - 53,3 = 117,4$$

Помещение №15,2

$$\mathcal{E}_{н.15,2} = 170,7 - 53,3 = 117,4$$

Э_н Помещение №16- Сан. узел:

Помещение №16,1

$$\mathcal{E}_{н.16,1} = 207,3 - 26,7 = 180,6$$

Помещение №16,2

$$\mathcal{E}_{н.16,1} = 207,3 - 26,7 = 180,6$$

Э_н Помещение №17- Кабинет ИТР:

$$\mathcal{E}_{н.17} = 3218,9 - 1714,6 = 1504,3$$

Э_н Помещение №18- Охрана:

$$\mathcal{E}_{н.18} = 609,6 - 367,4 = 242,2$$

Э_н Помещение №19- Зона окраски:

Помещение №19,1

$$\mathcal{E}_{н.19,1} = 7153,1 - 2600,6 = 4552,5$$

Помещение №19,2

$$\mathcal{E}_{н.19,2} = 4768,7 - 1219 = 3549,7$$

Э_н Помещение №20- Основной цех металлообработки:

Помещение №20,1

$$\mathcal{E}_{н.20.1} = 19948,53 - 3030 = 3549,7$$

Помещение №20,2

$$\mathcal{E}_{н.20.2} = 11266,1 - 9132 = 2134$$

Э_н Помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$\mathcal{E}_{н.21.} = 2861,2 - 734,8 = 2126,5$$

Э_н Помещение №22- Коридор:

Помещение №22,1

$$\mathcal{E}_{н.22.1} = 1788,3 - 461,9 = 1326,4$$

Помещение №22,2

$$\mathcal{E}_{н.22.2} = 1430,6 - 369,5 = 1061,1$$

Помещение №22,3

$$\mathcal{E}_{н.22.3} = 357,6 - 46,2 = 311,5$$

Полученные данные пересчитаем на топливный эквивалент по формуле:

$$\mathcal{E}_{нту.т.} = \mathcal{E}_н \times K, \text{ где} \quad (11)$$

где Э_{нту.т.} – топливный эквивалент;

Э_н – экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте;

K – коэффициент перерасчета (для электроэнергии 0,3445 тыс. кВтч)

Э_{нту.т.} помещение №1- Склад 1:

$$\mathcal{E}_{нту.т.1} = 2004,9 \times 0,3445 = 690,7 \text{ т.т.}$$

Э_{нту.т.} помещение №2 - Офисное помещение работников склада:

Помещение №2,1

$$\mathcal{E}_{нту.т.2,1} = 117,6 \times 0,3445 = 40,5 \text{ т.т.}$$

Помещение №2,2

$$\mathcal{E}_{нту.т.2,2} = 117,6 \times 0,3445 = 40,5 \text{ т.т.}$$

Помещение №2,3

$$\mathcal{E}_{нт.м.2,3} = 117,6 \times 0,3445 = 40,5 \text{ т.м.}$$

Помещение №2,4

$$\mathcal{E}_{нт.м.2,4} = 117,6 \times 0,3445 = 40,5 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №3- Лаборатория:

$$\mathcal{E}_{нт.м.3} = 794,4 \times 0,3445 = 273,7 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №4- Цех сборки:

$$\mathcal{E}_{нт.м.4} = 5821,3 \times 0,3445 = 2005,5 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №5-Комната хранения опытных образцов:

$$\mathcal{E}_{нт.м.5} = 60,5 \times 0,3445 = 20,8 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №6- Комната проверки IP:

$$\mathcal{E}_{нт.м.6} = 7,1 \times 0,3445 = 2,4 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №7- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{нт.м.7} = 28,2 \times 0,3445 = 9,7 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №8- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{нт.м.8} = 40,4 \times 0,3445 = 13,9 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №9- Кабинет главного механика:

Помещение №9,1

$$\mathcal{E}_{нт.м.9,1} = 86,9 \times 0,3445 = 29,9 \text{ т.м.}$$

Помещение №9,2

$$\mathcal{E}_{нт.м.9,2} = 86,9 \times 0,3445 = 29,9 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №10- Кабинет начальника производства:

Помещение №10,1

$$\mathcal{E}_{нт.м.10,1} = 439,7 \times 0,3445 = 151,5 \text{ т.м.}$$

Помещение №10,2

$$\mathcal{E}_{нт.м.10,2} = 439,7 \times 0,3445 = 151,5 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №11- Темная комната:

$$\mathcal{E}_{нт.м.11} = 11,1 \times 0,3445 = 3,8 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №12- SMD монтаж:

$$\mathcal{E}_{нт.м.12} = 7420 \times 0,3445 = 255,6 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №13- Столовая:

$$\mathcal{E}_{нт.м.13} = 506,6 \times 0,3445 = 174,5 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №14- Цех прокатки профилей:

$$\mathcal{E}_{нт.м.14} = 1375 \times 0,3445 = 473,8 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1

$$\mathcal{E}_{нт.м.15,1} = 117,4 \times 0,3445 = 40,4 \text{ т.м.}$$

Помещение №15,2

$$\mathcal{E}_{нт.м.15,2} = 117,4 \times 0,3445 = 40,4 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №16- Сан. узел:

Помещение №16,1

$$\mathcal{E}_{нт.м.16,1} = 180,6 \times 0,3445 = 62,2 \text{ т.м.}$$

Помещение №16,2

$$\mathcal{E}_{нт.м.16,2} = 180,6 \times 0,3445 = 62,2 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №17- Кабинет ИТР:

$$\mathcal{E}_{нт.м.17} = 1504,3 \times 0,3445 = 518,2 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №18- Охрана:

$$\mathcal{E}_{нт.м.18} = 242,2 \times 0,3445 = 83,5 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №19- Зона окраски:

Помещение №19,1

$$\mathcal{E}_{нт.м.19,1} = 4552,5 \times 0,3445 = 1568 \text{ т.м.}$$

Помещение №19,2

$$\mathcal{E}_{нт.м.19,2} = 3549,7 \times 0,3445 = 1222,8 \text{ т.м.}$$

$\mathcal{E}_{н.ту.т}$ помещение №20- Основной цех металлообработки:

Помещение №20,1

$$\mathcal{E}_{нту.м.20,1} = 10918,5 \times 0,3445 = 3761,4 \text{ ту.м.}$$

Помещение №20,2

$$\mathcal{E}_{нту.м.20,2} = 2134,1 \times 0,3445 = 735,2 \text{ ту.м.}$$

$\mathcal{E}_{н\text{ту.т}}$ помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$\mathcal{E}_{нту.м.21} = 2126,4 \times 0,3445 = 732,6 \text{ ту.м.}$$

$\mathcal{E}_{н\text{ту.т}}$ помещение №22- Коридор:

Помещение №22,1

$$\mathcal{E}_{нту.м.22,1} = 1326,4 \times 0,3445 = 456,9 \text{ ту.м.}$$

Помещение №22,2

$$\mathcal{E}_{нту.м.22,2} = 1061,1 \times 0,3445 = 365,5 \text{ ту.м.}$$

Помещение №22,3

$$\mathcal{E}_{нту.м.22,3} = 311,5 \times 0,3445 = 107,3 \text{ ту.м.}$$

Далее рассчитаем годовую экономию электроэнергии в денежном выражении по формуле:

$$\mathcal{E}_{ден} = \mathcal{E}_н \times T_э, \quad (12)$$

где $T_э$ – тариф на электроэнергию;

$\mathcal{E}_н$ – экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте.

$\mathcal{E}_{ден}$ помещение №1- Склад 1:

$$\mathcal{E}_{ден1} = 2004,9 \times 4,06 = 8140 \text{ руб}$$

$\mathcal{E}_{ден}$ помещение №2 - Офисное помещение работников склада:

Помещение №2,1

$$\mathcal{E}_{ден2,1} = 117,6 \times 4,06 = 477 \text{ руб.}$$

Помещение №2,2

$$\mathcal{E}_{ден2,2} = 117,6 \times 4,06 = 477 \text{ руб.}$$

Помещение №2,3

$$\mathcal{E}_{ден2,3} = 117,6 \times 4,06 = 477 \text{ руб.}$$

Помещение №2,4

$$\mathcal{E}_{ден2,4} = 117,6 \times 4,06 = 477 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №3- Лаборатория:

$$\mathcal{E}_{ден3} = 794,4 \times 4,06 = 3225 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №4- Цех сборки:

$$\mathcal{E}_{ден4} = 5821 \times 4,06 = 23634 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №5-Комната хранения опытных образцов:

$$\mathcal{E}_{ден5} = 60,5 \times 4,06 = 254 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №6- Комната проверки IP:

$$\mathcal{E}_{ден6} = 7,1 \times 4,06 = 28 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №7- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{ден7} = 28,2 \times 4,06 = 115 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №8- Изолятор брака:

$$\mathcal{E}_{ден8} = 40,4 \times 0,3445 = 164 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №9- Кабинет главного механика:

Помещение №9,1

$$\mathcal{E}_{ден9,1} = 86,9 \times 4,06 = 353 \text{ руб.}$$

Помещение №9,2

$$\mathcal{E}_{ден9,2} = 86,9 \times 4,06 = 353 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №10- Кабинет начальника производства:

Помещение №10,1

$$\mathcal{E}_{ден10,1} = 439,7 \times 4,06 = 1785 \text{ руб.}$$

Помещение №10,2

$$\mathcal{E}_{ден10,2} = 439,7 \times 4,06 = 1785 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №11- Темная комната:

$$\mathcal{E}_{ден11} = 11,1 \times 4,06 = 45 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №12- SMD монтаж:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}12} = 7420,7 \times 4,06 = 30128 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №13- Столовая:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}13} = 506,6 \times 4,06 = 2057 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №14- Цех прокатки профилей:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}14} = 1375,5 \times 4,06 = 5584 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №15- Раздевалки мужская и женская:

Помещение №15,1

$$\mathcal{E}_{\text{ден}15,1} = 117,4 \times 4,06 = 4767 \text{ руб.}$$

Помещение №15,2

$$\mathcal{E}_{\text{ден}15,2} = 117,4 \times 4,06 = 477 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №16- Сан. узел:

Помещение №16,1

$$\mathcal{E}_{\text{ден}16,1} = 180,6 \times 4,06 = 733 \text{ руб.}$$

Помещение №16,2

$$\mathcal{E}_{\text{ден}16,2} = 180,6 \times 4,06 = 733 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №17- Кабинет ИТР:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}17} = 1504,3 \times 4,06 = 6107 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №18- Охрана:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}18} = 242,2 \times 4,06 = 983,5 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №19- Зона окраски:

Помещение №19,1

$$\mathcal{E}_{\text{ден}19,1} = 4552,5 \times 4,06 = 18483 \text{ руб.}$$

Помещение №19,2

$$\mathcal{E}_{\text{ден}19,2} = 3549,7 \times 4,06 = 14412 \text{ руб.}$$

Э_{ден} помещение №20- Основной цех металлообработки:

Помещение №20,1

$$\mathcal{E}_{\text{ден}20,1} = 10918,5 \times 4,06 = 44329 \text{ руб.}$$

Помещение №20,2

$$\mathcal{E}_{\text{ден}20,2} = 2134,1 \times 4,06 = 8665 \text{ руб.}$$

$\mathcal{E}_{\text{ден}}$ помещение №21- Зона распиловки профилей:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}21} = 2126,4 \times 4,06 = 8633 \text{ руб.}$$

$\mathcal{E}_{\text{ден}}$ помещение №22- Коридор:

Помещение №22,1

$$\mathcal{E}_{\text{ден}22,1} = 1326,4 \times 4,06 = 5385 \text{ руб.}$$

Помещение №22,2

$$\mathcal{E}_{\text{ден}22,2} = 1061,2 \times 4,06 = 4308 \text{ руб.}$$

Помещение №22,3

$$\mathcal{E}_{\text{ден}22,3} = 311,5 \times 4,06 = 1265 \text{ руб.}$$

Суммарная экономия составляет $\mathcal{E}_{\text{ден}}=194\ 544$ руб

3.2 Расчет окупаемости

Для расчета окупаемости требуется определить капитальные затраты на реализацию системы освещения. Цена за оборудование представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Стоимость оборудования

Устройство	Кол-во	Цена за 1 шт	Суммарная стоимость
1	2	3	4
Meteor К 155 CW IP65	14	9000	126 000
Ofled 608 CW IP20	47	1700	79 900
Saturn 607 CW IP20	24	2700	64 800
Saturn 408 CW IP20	46	2500	115 000
Direct Line 35 IP20	24	2500	60 000
Ofled 609 CW IP20	5	1700	8 500
Ofled 407 CW IP20	14	1500	21 000

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4
Панель управлений intelligent arlight панель dali-223-1g-8sc-in (bus)	2	4200	8 400
Контролер arlight: dali-timer	3	17000	51 000
Датчик движения Navigator 70965	7	500	3 500
Датчик присутствия orbis isimat	6	2 300	13 800
Датчик фотометрический camelion lx-20b	4	500	2 000
			K _з =553 900

Рассчитаем срок окупаемости

Год	Капитальные затраты	Экономия	Остаток
2020	553 900	194 544	359 356
2021		194 544	164 812
2022		194 544	-29 732

Срок окупаемости данного проекта составляет 3 года. Гарантийный срок службы светильников составляет 70 000 часов.

Определим индекс энергоэффективности

$$I_{\text{ЭЭ}} = K_3 / \text{Э}_r, \quad (13)$$

где $I_{\text{ЭЭ}}$ - индекс энергоэффективности;

K_3 – капитальные затраты, руб;

Э_r – годовая экономия топливно-энергетического ресурса, т.т.

$$I_{\text{ЭЭ}} = 553900 / 16507 = 33,5 \text{ руб} / \text{т.у.т}$$

Полученные данные занесем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Результаты проекта

Экономия в денежном выражении	Экономия в т.у.т	Капитальные затраты	Индекс энергоэффективности	Срок окупаемости	Экономия электроэнергии в натуральном

					эквиваленте
194 544	16507	553900	33,5	3	47917

3.3 Выводы по разделу 3

1) Произведен расчёт годового потребления электроэнергии светодиодными светильниками под управление по протоколу DALI $\Sigma W_{Г}=38147.3\text{кВт}\cdot\text{ч}$.

2) Проведена оценка экономической эффективности и рассчитан срок окупаемости. Исходя из полученных данных, можно считать проект экономически обоснованным. Для обновления системы освещения требуются капитальные затраты в размере 553900 руб. Экономия в денежном выражении составляет 194 544 руб. Срок окупаемости данного проекта составляет 3 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Произведен анализ системы освещения на производстве. На производстве установлены люминесцентные светильники INDUSTRY 454 X, INDUSTRY 154 X, INDUSTRY 180 X, INDUSTRY 280 X, для офисных помещений светильник SHINE 418 R IP20. В данных светильниках используются лампы T5 серии Phillips Master TLS и T5 серии Phillips Master TLS и T8 серии Phillips Master TL-D Super 80. Выполнен расчет потребляемой мощности светильниками на производстве. Рассчитано годовое потребление электроэнергии действующими светильниками. В настоящий момент годовое потребление электроэнергии составляет $\sum W_{г}=80023,62\text{кВт}\cdot\text{ч}$.

2) Выбран энергоэффективный источник света. Выбраны светодиодные светильники производства ВСТЗ ЛУЧ METEOR, Saturn, DIRECT LINE и OFLED. Выбрана современная интеллектуальная система управления освещением, так как существует множество протоколов управления, был произведен сравнительный анализ протоколов управление и основным протоколом выбран DALI. Протокол DALI является наиболее распространенным и благодаря этому наиболее доступным. Определен разряд и под разряд зрительных работ и определены нормы освещенности. Произведен расчет освещения с помощью метода коэффициентов, и по полученным данным смоделировано освещение. Произведен расчет мощности светильников для равномерного распределения нагрузки по фазам.

3) Произведен расчёт годового потребления электроэнергии светодиодными светильниками под управление по протоколу DALI $\sum W_{г}=38147,3\text{кВт}\cdot\text{ч}$. Проведена оценка экономической эффективности и рассчитан срок окупаемости. По рассчитанным данным, можно сделать вывод, что проект экономически целесообразен. Для обновления системы освещения требуются капитальные затраты в размере 553900 руб. Экономия

в денежном выражении составляет 194 544 руб. Срок окупаемости данного проекта составляет 3 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»: утв. постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 года N 81

2. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение»: утв. приказом Мин региона России от 2011 г. № и вводится в действие с 2011 г

3. СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: зарегистрировано в министерстве юстиции Российской Федерации 23 апреля 2003 года, регистрационный N 4443

4. ГОСТ Р 56228-2014 Освещение искусственное. Термины и определения: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 ноября 2014 г. N 1564-ст

5. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2013 г. N 1364-ст

6. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1781-ст

7. ГОСТ 15597-82 Светильники для производственных зданий. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2): утвержден и введен в действие постановлением государственного комитета СССР по стандартам от 06.10.82 N 3899

8. ГОСТ 17677-82 (СТ СЭВ 3182-81, МЭК 598-1-86, МЭК 598-2-1-79, МЭК 598-2-2-79, МЭК 598-2-4-79, МЭК 598-2-19-81) Светильники. Общие

технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3): утвержден и введен в действие постановлением государственного комитета СССР по стандартам от 27.07.82 N 2894

9. ГОСТ 27900-88 (МЭК 598-2-22) Светильники для аварийного освещения. Технические требования: утвержден постановлением государственного комитета СССР по стандартам от 24.11.88 N 3821 введен в действие государственный стандарт СССР ГОСТ 27900-88, в качестве которого непосредственно применен международный стандарт МЭК 598-2-22 (1980) с Изменением N 1 (1987), с 01.01.90

10. ГОСТ Р 54350-2015 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 мая 2015 г. N 348-ст

11. ГОСТ Р 55705-2013 Приборы осветительные со светодиодными источниками света. Общие технические условия: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 08 ноября 2013 г. N 1359-ст

12. ГОСТ Р МЭК 62560-2011 Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Требования безопасности: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. N 1198-ст

13. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации

14. Проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий [Электронный ресурс] // интернет-сайт URL:https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp15.pdf / (дата обращения 02.01.2019)

15. Справочник для проектирования электрического освещения [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://static.my-shop.ru/product/pdf/160/1595611.pdf/> (дата обращения 05.01.2019)

16. Система управления освещением по протоколу DALI [Электронный ресурс]// интернет-сайт. URL: https://deuscompany.Com/ru/files/dali/presentations/ME6_DALI.pdf / (дата обращения 15.02.2019)

17. Управление освещением по протоколу DALI [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://beg-russia.ru/blog/2016/08/04/dali/> (дата обращения 15.03.2019)

18. Цифровой адресный интерфейс освещения (DALI) [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://svetorg.ru/informatsiya/stati/dali-upravlenie-osveshcheniem-skhema-podklyucheniya-cto-eto-/> (дата обращения 15.03.2019)

19. Протокол диммирования DALI [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://trialight.ru/lighting-control-articles/dali-dimming-protocol.html/> (дата обращения 15.03.2019)

20. Управляемый свет интернета вещей: Philips и протокол DALI 2.0[Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2019/4/5-upravlyaemyiy-svet-interneta-veshhey-philips-i-protokol-dali-2-0/> (дата обращения 16.03.2019)

21 Особенности протоколов DALI и DMX [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://hdlrus.ru/resheniya-po-avtomatizatsii-zdaniy-i-sooruzhenij/sovety-i-rekomendatsii-po-avtomatizatsii-zdaniy-oborudovaniem-hdl/350-osobennosti-protokolov-dali-i-dmx.html/> (дата обращения 16.03.2019)

22. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г.: утв. приказом №204 от 08.07.2002 г. М., 2007. 488 с.

23. John Bullock. 10 things you MUST know before you dim LED lamps [Text] / John Bullock // lux review.- 2016.- URL: <http://luxreview.com/article/>

2016/02/10-things-you-must-know-before-you-dim-led-lamps/(дата обращения 02.10.2018)

24. David Agrell. Everything You Need to Know About LED Light Bulbs [Text] / David Agrell. // popularmechnics.- 2014.- URL: <http://www.popularmechnics.com/home/how-to/a10104/everything-you-need-to-know-about-led-light-bulbs-16542040/>(дата обращения 04.10.2018)

25. Doug Root The Best Dimmer for LED & CFL Bulbs [Text] / Doug Root. // Atlantalightbulbs - 2015.- URL: <https://www.atlantalightbulbs.Com/blog/the-best-dimmer-for-led-cfl-bulbs/>(дата обращения 05.10.2018)

26. Erhan E.Dikel Potential energy savings from high-resolution sensor controls for LED lighting [Text] / Erhan E.Dikel // Energy and Buildings. – 2018.- PP. 43-53. –URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>(дата обращения 06.10.2018)

27. M.Jradi A dynamic energy performance-driven approach for assessment of buildings energy Renovation—Danish case studies [Text] / . M.Jradi // Energy and Buildings. – 2018.- PP. 62-76. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881731126/> (дата обращения 20.10.2018)

28. HanZou. WinLight: A WiFi-based occupancy-driven lighting control system for smart building [Text] / HanZou // Energy and Buildings. – 2018.- PP. 924-938.–URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/> (дата обращения 22.10.2018)

29. Sangsung Park Technology Analysis of Global Smart Light Emitting Diode (LED) Development Using Patent Data [Text] / Sangsung Park // Journal Sustainability. – 2017.- PP. 1-15. – URL: <https://socionet.ru/publication.xml?h=reperc:gam:jsusta:v:9:y:2017:i:8:p:1363-:d:106736>/(дата обращения 02.11.2018)

30. G. Lozano, S.RK Rodriguez, M.A Verschuuren, J Gomez Rivas. Potential energy savings from high-resolution sensor controls for LED lighting [Text] / G. Lozano, S.RK Rodriguez, M.A Verschuuren, J Gomez Rivas // Light:

Science & Applications. – 2016.- PP. 43-53. –URL: <https://www.nature.com/articles/lisa201680/>(дата обращения 10.11.2018)

31. Richard Baguley, Colin Mcdonald. Potential energy savings from high-resolution sensor controls for LED lighting [Text] Richard Baguley, Colin Mcdonald// CNET. – 2014.-URL: <https://www.cnet.com/news/appliance-science-how-led-lights-work/>(дата обращения 15.11.2018)

32. Tomi Pulli. Advantages of white LED lamps and new detector technology in photometry [Text] / Tomi Pulli // Light: Science & Applications. – 2015.- PP. 1-7. URL: <https://www.nature.com/articles/lisa2015105.pdf> cookies not supported&code=0396762a-37e1-4449-bc4a-36775f0baa62/ (дата обращения 20.11.2018)

33. Датчик движения на MSP430G2131 [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2011/4/3-datchik-dvizheniya-na-msp430g2131-sredstvo-ekonomii-elektroenergii-v-osveshhenii/> (дата обращения 15.03.2019)

34. Датчики движения и присутствия [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.phpnid=4452 (дата обращения 16.03.2019)

35. Светодиодная лампа [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодная_лампа/ (дата обращения 18.03.2019)

36. Светодиод: устройство, принцип работы, преимущества [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://duray.ru/database/stati/svetodiod-ustroystvo-printsip-raboty-preimushchestva/>(дата обращения 18.03.2019)

37. Диммер. Статья в Википедии [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 26.09.2018).

38. Системы управления освещением [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://msd.com.ua/spravochnaaya-kniga-rosvetotekhnike/sistemy-upravleniya-osveshheniem/>. (дата обращения: 28.09.2018)

39. Промышленное освещение [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://msd.com.ua/spravochnaya-kniga-po-svetotexnike/promyshlennoe-osveshhenie/>. (дата обращения: 28.09.2018)

40. Характеристики светодиодов: потребление тока, напряжение, мощность и светоотдача [Электронный ресурс]// интернет-сайт. URL: <http://remoo.ru/elektrika/harakteristiki-svetodiodov/>. (дата обращения: 28.09.2018)

41. Федосеев И.В., Адонин А.А. Применение осветительных шинопроводов с дополнительной линией для аварийного освещения// Международный научный журнал символ науки. 2018. №11. С.6-7.

42. Федосеев И.В., Адонин А.А., Оприщенко А.С. Применение датчиков движения для повышения энергоэффективности системы освещения// Научно-технический прогресс- как фактор развития современного общества: международная конференция. Таганрог: Изд-во МЦИИ Омега Сайнс, 2019. С. 125-127. ISBN 978-5-907153-25-7. Ч.1.

43. Федосеев И.В., Петунин Ю. П. Энергосберегающие системы освещения// Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017): сборник научных трудов. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С. 294-297. ISBN 978-5-8259-1202-8.