

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2020 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ
ОСВЕЩЕНИЕМ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2020 г.

Руководитель работы
доцент

_____ С.А. Петрищев
_____ 2020 г.

Экономическая часть
доцент

_____ С.А. Петрищев
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ФТТ-533

_____ Н.А. Осипов
_____ 2020 г.

Нормоконтролер
ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2020 г.

Златоуст 2020

АННОТАЦИЯ

Осипов Н.А. Модернизация системы управления уличным освещением – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2020 г., 63 с., 10 ил., библиогр. список – 24 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

В работе рассмотрены вопросы:

- выбора автономной системы освещения;
- необходимых требований при установке и эксплуатации автономной системы освещения;
- методов экономии электроэнергии за счет использования солнечных батарей;
- безопасности жизнедеятельности.

Выбранная автономная система освещения SL-50-400/200 обеспечивает планируемую окупаемость в 11,9 лет и последующую экономию городской электроэнергии.

Разработаны алгоритмы мониторинга данных и управления яркостью освещения, модернизирован алгоритм включения-выключения светильника.

Использование материалов работы планируется в разработке и внедрении проекта по оптимизированию расходов и использования электроэнергии города Златоуст.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Осипов Н.А.			Модернизация системы управления уличным освещением Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Петрищев С.А.				Д	4	63
Реценз.						Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.		Терентьев О.В.						
Утверд.		Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
1.1 Автономные системы освещения от компании ООО «Сан Шайнс»... 8	
1.2 Автономные системы освещения от компании ООО «СпецСистемИнжиниринг».....	9
1.3 Автономные системы освещения от компании GS-Lux	11
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКТУЮЩИХ	13
2.1 Солнечная батарея	13
2.2 Светодиод	16
2.3 Микроконтроллер	19
2.4 АСУНО «ПолиТЭР».....	19
3 РАСЧЕТ, ВЫБОР И ОПИСАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ	22
3.1 Погодные условия.....	22
3.2 Расчет емкости аккумуляторной батареи.....	25
3.3 Выбор автономной системы освещения.....	26
3.4 Общие сведения об автономной системе освещения.....	27
4 РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ.....	29
4.1 Мониторинг данных	29
4.2 Алгоритм включения-выключения светильника.....	31
4.3 Алгоритм регулировки яркости	33
5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	37
5.1 Расчет текущих затрат.....	39
5.2 Расчет дополнительных капитальных вложений	40
5.3 Годовой экономический эффект и сроки окупаемости	41
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	43
6.1 Краткое описание производственного участка.....	43
6.2 Анализ всех производственных и экологических опасностей.....	43
6.3 Нормы помещения для работы с ПЭВМ	44
6.4 Требования охраны труда при работе на анализируемом оборудовании	44
6.5 Производственная санитария	46
6.6 Эргономика и производственная эстетика.....	51
6.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе с ПЭВМ	52
6.8 Экологическая безопасность	53
6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций	53
6.10 Техника безопасности при установке опор.....	54
6.11 Монтаж проводов и тросов	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62

ВВЕДЕНИЕ

Уличное освещение — средства искусственного увеличения оптической видимости на улице в тёмное время суток. Как правило, осуществляется лампами, закреплёнными на мачтах, столбах, путепроводах и других опорах. Лампы включаются в ночное время автоматически с помощью элементов системы управления освещением, либо вручную из диспетчерского пункта.

В настоящее время в стране, в частности, в городе Златоуст, уличное освещение должно осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 55706-2013. При этом вводятся понятия типа «категория объекта», «улица местного значения», «конфликтный участок» и прочее, с целью категорировать участки улиц по типу освещения, необходимого для безопасного дорожного движения, движения пешеходов, проведения ремонтных работ и т.д.

С целью предотвращения отсутствия/присутствия света в неположенное для этого время, даже сейчас существуют диспетчерские и аварийные службы, оперативно реагирующие на возникшие проблемы. При этом регулировка как таковая осуществляется с помощью аппаратно – программных комплексов (АПК).

АПК представляет собой контроллер управления с необходимыми настройками, либо рабочую станцию (в этом случае – с предустановленным специализированным программным обеспечением).

В Златоусте функционирует система управления освещением как рабочая станция. При этом незаконченная в свое время работа по установке необходимых контроллеров повлекла в настоящем некоторые проблемы. Кроме того, использование примитивных ламп ДРЛ для освещения улиц увеличивает расходы на электроэнергию.

В настоящее время тема развития альтернативных способов получения энергии как нельзя более актуальна. Традиционные источники стремительно иссякают и уже через каких-нибудь пятьдесят лет могут быть исчерпаны. И уже сейчас энергетические ресурсы довольно дороги и в значительной мере влияют на экономику многих государств.

Всё это заставляет жителей нашей планеты искать новые способы получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является получение солнечной энергии. И это вполне естественно. Ведь именно Солнце даёт жизнь нашей планете и обеспечивает нас теплом и светом. Солнце обогревает все уголки Земли, управляет реками и ветром. Его лучи выращивают не менее одного квадриллиона тонн всевозможных растений, которые, в свою очередь, являются пищей для животных.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение энергоэффективности освещения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Уменьшение потребления электроэнергии отдельными компонентами уличного освещения;
- разработка алгоритма мониторинга системы освещения;
- разработка алгоритма включения-выключения освещения;

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

- разработка алгоритма управления яркостью освещения;
- проведение анализ экономической эффективности работы;
- рассмотрение вопросы безопасности жизнедеятельности.

Объект – уличное освещение.

Предмет – система управления уличным освещением.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Приходя к вопросу выбора того или иного оборудования для обеспечения безопасного, качественного и бесперебойного в необходимое время освещения, стоит прибегнуть к сравнению имеющихся на рынке устройств.

К рассмотрению берутся автономные системы освещения – устройства, содержащие в себе непосредственно светильник, солнечную панель для преобразования энергии Солнца в электрическую, и аккумуляторная батарея, способная запитывать светильник во время отсутствия Солнца. Также важным элементом такой системы является проприетарно установленное на борту арифметико-логическое устройство на базе различных микроконтроллеров, позволяющее получать и принимать управляющие данные извне.

Это позволяет повысить коэффициент готовности системы в случае, когда необходимые данные по принципу «или-или» одновременно поступают с системы управления освещением и наборных датчиков, к примеру, датчика освещения.

Большинство логических операций, требуемых для обработки микроконтроллером, примитивны, поэтому остановиться на использовании устройств на базе микроконтроллеров семейства AVR, в частности, микроконтроллеров ATmega, благодаря низкой стоимости устройств управления на базе таких контроллеров, а также достаточной для данной ситуации производительности.

1.1 Автономные системы освещения от компании ООО «Сан Шайнс»

Российская компания «Sun Shines» («Сан Шайнс») работает и успешно развивается на рынке услуг солнечной энергетики с мая 2010 года. За это время реализовано большое количество проектов.

Приоритетом компании является развитие и продвижение экологически чистого и неисчерпаемого источника энергии – энергии Солнца.

Компания занимается производством различного оборудования – от умной городской мебели до сетевых электростанций, в частности, занимается изготовлением и установкой элементов уличного освещения.

Продуктов для уличного освещения также предостаточно. Это и SVT-STR-M-32W-C, предназначенный для освещения собственных жилых зон небольшой площади, и STR-360, позволяющий осветить гораздо большую поверхность.

В плане уличного освещения, из продуктов компании подходит автономная система освещения Sun Shines SL-50-400/200. Обоснованием выбора служит то, что в настоящее время подрядные организации города Златоуст устанавливают имеющиеся светильники лампы ДРЛ-250Вт (дуговая ртутная люминесцентная) и ДНаТ-150 (дуговая натриевая трубчатая), и автономная система освещения Sun Shines SL-50-400/200 способна заменить их в плане освещения улиц и дорог без потери качества освещения. Необходимые прочие параметры указанной системы освещения сведены в таблицу 1.1.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 1.1 – Технические характеристики автономной системы освещения Sun Shines SL-50-400/200

Параметр и единица измерения (при наличии)	Значение/диапазон значений
1	2
Световой поток модуля, лм	6000
Емкость аккумуляторной батареи 12В, А*ч	200
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Степень защиты светодиодного модуля	IP65
Диапазон атмосферного давления, мм рт. ст.	450..900
Стоимость, руб.	67900



Рисунок 1.1 - Автономная система освещения SL-50-400/200

Необходимо отменить важность параметров «Степень защиты светодиодного модуля» и «Диапазон атмосферного давления». Предполагается установка светильника на улице, монтированием на фонарный столб. Это означает, что такие параметры, как влажность воздуха и атмосферное давление, имеют важное значение в расчетах на номинальную работу. Данные параметры, разумеется, имеют вес и при выборе осветительных приборов других фирм-производителей.

1.2 Автономные системы освещения от компании ООО «СпецСистемИнжиниринг»

Российское торгово-производственное объединение «СпецСистемИнжиниринг» является одним из лидеров в разработке и производстве светодиодной дорожной энергосберегающей продукции на российском рынке. В отличие от боль-

шинства компаний, предлагающих только поставку, объединение готово предложить полное комплексное решение задач. От согласования, разработки и производства новых изделий по индивидуальным требованиям до транспортировки и монтажа «под ключ».

Объединение является производителями такой дорожной и светодиодной продукции как: светодиодные светофоры, светофоры на солнечных батареях, автономные уличные светильники и фонари на солнечных батареях, мобильные светофоры для дорожных работ, дорожные системы световой индикации (ДССИ) и многое другое.

Ориентируясь на уличное освещение с заданными параметрами, следует остановиться на предлагаемой компанией автономной системой освещения SSE-400/200. Параметры системы освещения указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические характеристики автономной системы освещения SSE-400/200

Параметр и единица измерения (при наличии)	Значение/диапазон значений
1	2
Световой поток модуля, лм	6200
Емкость аккумуляторной батареи 12В, А*ч	200
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Степень защиты светодиодного модуля	IP65
Диапазон атмосферного давления, мм рт. ст.	450..900
Стоимость, руб.	73200

Указанная система подобрана с учетом необходимых параметров. Однако, компания предлагает изготовление автономных систем освещения по индивидуальному техническому заданию.

Для сравнения и подбора в расчете будет использоваться выбранная система.



Рисунок 1.2 - Автономная система освещения SSE-400/200

1.3 Автономные системы освещения от компании GS-Lux

Компания GS-Lux с 2011-го года занимается производством, проектированием и поставками автономных и альтернативных систем освещения и электроснабжения по всему миру. С 2017-го года компания стала активно поставлять свою продукцию по всей России. В 2018 году компания открыла свои представительства в Южном федеральном округе России и республике Крым.

Основные группы товаров реализуемые компанией GS-Lux: автономные солнечные и солнечно-ветровые системы освещения и индикации для улиц и дорог; солнечные и ветровые электростанции (от маломощных для частного домовладения до высокомоощных для промышленного назначения), а так же комплектующие к ним; мощное светодиодное осветительное оборудование (светодиодные прожекторы и уличные светильники).

Автономная система освещения марки GS-Lux SE-70/360 представляет собой полностью независимую осветительную систему, обеспечивающую себя электроэнергией за счет световой энергии солнца. Основные элементы данной системы освещения: солнечные модули, гелевые аккумуляторные батареи (АКБ), мощный светодиодный светильник, а так же контроллер заряда.

Компания также предлагает изменение состава комплекта системы освещения. Для данного же сравнения используется предлагаемый комплект. Параметры данной системы освещения указаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики автономной системы освещения SE-70/360

Параметр и единица измерения (при наличии)	Значение/диапазон значений
1	2
Световой поток модуля, лм	6000
Емкость аккумуляторной батареи 12В, А*ч	200
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Степень защиты светодиодного модуля	IP65
Диапазон атмосферного давления, мм рт. ст.	450..900
Стоимость, руб.	81000

В таблицу 1.4 сведены конкурирующие показатели рассмотренных ранее автономных систем освещения.

Таблица 1.4 – Показатели автономных систем освещения

Фирма-производитель	Параметр и единица измерения	
	Световой поток модуля, лм	Стоимость, руб.
1	2	3
ООО «Сан Шайнс»	6000	67900
ООО «СпецСистемИнжиниринг	6200	73200
GS-Lux	6000	81000

Существенное влияние на качество оказывает также стоимость основных компонентов. В условиях жесткой рыночной конкуренции поставщик более дорогого оборудования, как правило, начинает экономить или на комплектации системы или на качестве реализации функций. Ценовой разрыв между лучшей российской и импортной продукцией остается значительным – цена электрооборудования уже давно определяется не стоимостью электронных компонентов, а стоимостью разработки, калибровки, тестирования и т.п.. Однако, стоит упомянуть, что на цену оборудования влияет цена логистических решений, которые являются более дорогостоящими при поставке оборудования из-за рубежа. Зарплата же российских специалистов пока еще в несколько раз меньше, чем в Европе или США.

Выводы по разделу один

1. Отечественная продукция не уступает по основным качественным показателям продукции мировых производителей. При этом в России она обеспечена существенно лучшим сопровождением.

2. Современное электрооборудование ведущих российских производителей по техническим характеристикам не уступает аналогичным изделиям мировых лидеров, лучше приспособлено к российским условиям и имеет более качественную поддержку. Сохраняющаяся разница в ценах позволяет создавать лучшее качество при меньшей стоимости.

3. Предпочтение импортному электрооборудованию отдается преимущественно благодаря неудачным бытовым аналогиям и устаревшим представлениям об уровне отечественной промышленной техники.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКТУЮЩИХ

В настоящий момент в Златоустовском городском округе развернута автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) «ПолиТЭР». Ее назначение – автоматизированное диспетчерское управление и коммерческий учет потребления электроэнергии в системах наружного освещения городов и промышленных предприятий. Поскольку АСУНО является лишь программным обеспечением, для удаленного управления освещением и мониторинга данных, таких как потребляемая электроэнергия и время работы, прежде всего требуется приемно-передающее устройство, находящееся на борту светильника. Сейчас на установленных уличных светильниках это устройство – обычное реле, носящее только приемный характер.

Солнечная батарея, светодиодный светильник, и устройство приема, обработки и передачи информации принимаются как составные части конечного изделия. Рассматривается принцип действия каждого устройства в отдельности.

2.1 Солнечная батарея

2.1.1 Принцип действия солнечной батареи

Преобразование энергии в фотоэлектрическом преобразователе основано на фотовольтаическом эффекте (фотоэффекте), который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения.

Фотоэффект — это испускание электронов веществом под действием света (и, вообще говоря, любого электромагнитного излучения). В конденсированных веществах (твёрдых и жидких) выделяют внешний и внутренний фотоэффект. Внешним фотоэффектом (фотоэлектронной эмиссией) называется испускание электронов веществом под действием электромагнитных излучений. Электроны, вылетающие из вещества при внешнем фотоэффекте, называются фотоэлектронами, а электрический ток, образуемый ими при упорядоченном движении во внешнем электрическом поле, называется фототоком. Внутренним фотоэффектом называется перераспределение электронов по энергетическим состояниям в твердых и жидких полупроводниках и диэлектриках, происходящее под действием излучений. Он проявляется в изменении концентрации носителей зарядов в среде и приводит к возникновению фотопроводимости или вентильного фотоэффекта.

Неоднородность структуры может быть получена легированием (добавление небольших количеств примесей с целью контролируемого изменения электрических свойств полупроводника, в частности, его типа проводимости) одного и того же полупроводника различными примесями (создание p - n-переходов) или путём соединения различных полупроводников с неодинаковой шириной запрещённой зоны-энергии отрыва электрона из атома (создание гетеропереходов), или же за счёт изменения химического состава полупроводника, приводящего к появлению градиента ширины запрещённой зоны. Возможны также различные комбинации перечисленных способов.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

2.1.2 Преимущества

Главное достоинство солнечных батарей — их предельная конструктивная простота и полное отсутствие подвижных деталей.

Солнечные батареи не нуждаются в каком-либо топливе и способны работать на внутренних ресурсах. Владельцу не нужно волноваться о сохранности прибора и постоянно поддерживать его сохранность. Солнечные батареи практически не боятся механического износа. Да и обслуживание им никакое не нужно.

Небольшой удельный вес, неприхотливость, максимально простой монтаж и минимальные требования к обслуживанию во время эксплуатации (обычно достаточно лишь протирать грязь с рабочей поверхности).

Данные устройства способны прослужить не менее двадцати пяти лет.

Не стоит забывать и об экологическом факторе. Применяемые технологии и материалы полностью соответствуют самым высоким экологическим нормам, солнечные батареи не производят выбросов вредных веществ в окружающую среду и абсолютно безопасны.

Получения энергии с использованием солнечных батарей позволяет экономить немалые финансовые средства.

В отличие от традиционных источников, этот тип ресурсов практически неиссякаем. Получение традиционных источников энергии сегодня становится всё более дорогим удовольствием и серьёзно бьёт как по карману простых потребителей, так и по бюджетам многих государств.

2.1.3 Недостатки

Невысокий КПД. Солнечные батареи преобразуют энергию избирательно — для рабочего возбуждения атомов требуются определённые энергии фотонов (частоты излучения), поэтому в одних полосах частот преобразование идёт очень эффективно, а другие частотные диапазоны для них бесполезны. Кроме того, энергия уловленных ими фотонов используется квантово — её «излишки», превышающие нужный уровень, идут на вредный в данном случае нагрев материала фотопреобразователя. Во многом именно этим и объясняется их невысокий КПД. Кстати, неудачно выбрав материал защитного стекла, можно заметно снизить эффективность работы батарей. Дело усугубляется тем, что обычное стекло довольно хорошо поглощает высокоэнергетическую ультрафиолетовую часть диапазона, а для некоторых типов фотоэлементов весьма актуален именно этот диапазон, — энергия инфракрасных фотонов для них слишком мала.

Чувствительность к загрязнениям. Даже довольно тонкий слой пыли на поверхности фотоэлементов или защитного стекла может поглотить существенную долю солнечного света и заметно снизить выработку энергии. В пыльном городе это потребует частой очистки поверхности солнечных батарей, установленных горизонтально или наклонно. Безусловно, такая же процедура необходима и после каждого снегопада, и после пыльной бури.

Уменьшение эффективности в течение срока службы. Полупроводниковые пластины, из которых обычно состоят солнечные батареи, со временем дегради-

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

руют и утрачивают свои свойства, в результате и без того не слишком высокий КПД солнечных батарей становится ещё меньше. Длительное воздействие высоких температур ускоряет этот процесс. Тем не менее, современные фотопреобразователи способны сохранять свою эффективность в течение многих лет. Считается, что в среднем за 25 лет КПД солнечной батареи уменьшается на 10%. Так что обычно гораздо важнее вовремя протирать пыль.

Солнечные батареи невозможно использовать в большинстве районов нашей страны из-за погодных условий и недостаточного количества солнечных дней.

Чувствительность к высокой температуре. С повышением температуры эффективность работы солнечных батарей, как и большинства других полупроводниковых приборов, снижается. При температурах выше 100..150°C они могут временно стать неработоспособными, а ещё больший нагрев может привести к их необратимому повреждению. Поэтому необходимо принимать все меры для снижения нагрева, неизбежного под палящими прямыми солнечными лучами. Дополнительно осложняет ситуацию то, что чувствительная поверхность довольно хрупких фотоэлементов часто закрывается защитным стеклом или прозрачным пластиком. В результате образуется своеобразный «парник», усугубляющий перегрев. Правда, увеличив расстояние между защитным стеклом и поверхностью фотоэлемента и соединив сверху и снизу эту полость с атмосферой, можно организовать конвекционный поток воздуха, естественным образом охлаждающий фотоэлементы. Однако на ярком солнце и при высокой температуре наружного воздуха этого может оказаться недостаточно. Поэтому солнечная батарея даже не очень больших размеров может потребовать специальной системы охлаждения. Справедливости ради надо заметить, что подобные системы обычно легко автоматизируются, а привод вентилятора или помпы потребляет лишь малую долю вырабатываемой энергии. При отсутствии яркого солнца такого большого нагрева нет и охлаждение вообще не требуется, так что энергия, сэкономленная на приводе системы охлаждения, может быть использована для других целей.

Таблица 2.1 – Максимальные значения КПД фотоэлементов и модулей, достигнутые в лабораторных условиях

Тип	Коэффициент полезного действия при фотоэлектрическом преобразовании, %
1	2
Si (кристаллический)	24,7
Si (поликристаллический)	20,3
Si (тонкопленочная передача)	16,6
Si (тонкопленочный субмодуль)	10,4
Si (нанокристаллический)	10,1
GaAs (кристаллический)	25,1
GaAs (тонкопленочная передача)	24,5
GaAs (поликристаллический)	18,2
InP (поликристаллический)	21,9
ClGS (фотоэлемент)	19,9

Окончание таблицы 2.1

CIGS (субмодуль)	16,6
CdTe (фотоэлемент)	16,5

2.2 Светодиод

2.2.1 Устройство и принцип работы светодиода

Светодиоды – полупроводниковые приборы с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Излучаемый светодиодом свет лежит в узком диапазоне спектра. Иными словами, его кристалл изначально излучает конкретный цвет (если речь идёт об СД видимого диапазона) — в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр, где нужный цвет можно получить лишь применением внешнего светофильтра. Диапазон излучения светодиода во многом зависит от химического состава использованных полупроводников.

Состав светодиода представлен на рисунке 2.1

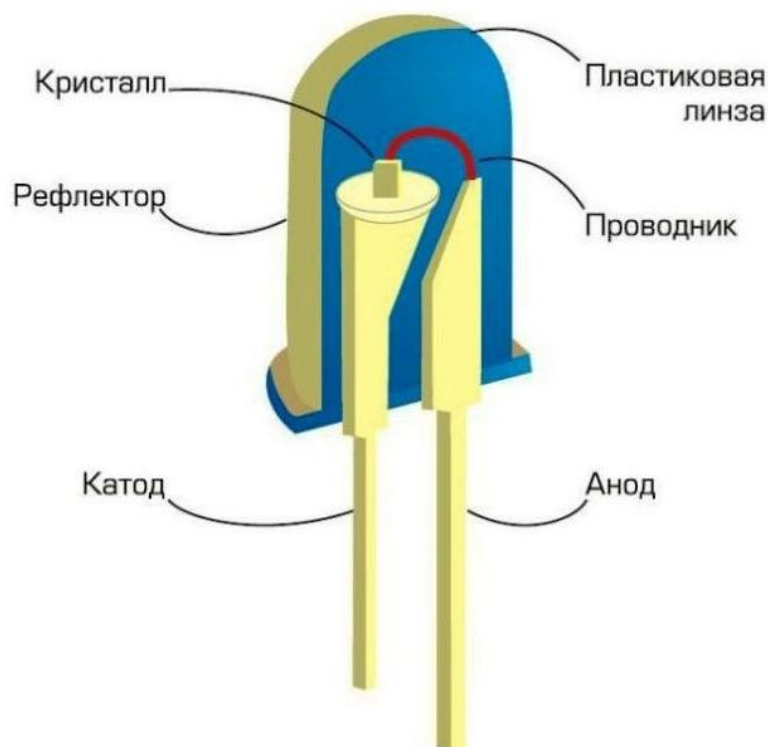


Рисунок 2.1 – Составные части светодиода

Светодиод состоит из нескольких частей:

- анод, по которому подается положительная полуволна на кристалл;
- катод, по которому подается отрицательная полуволна на кристалл;
- отражатель;
- кристалл полупроводника;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

– рассеиватель.

Эти элементы есть в любом светодиоде, вне зависимости от его модели.

Светодиод является низковольтным прибором. Для индикаторных видов напряжение питания должно составлять 2-4 В при токе до 50 мА. Диоды для освещения потребляют такое же напряжение, но их ток выше – достигает 1 Ампер. В модуле суммарное напряжение диодов оказывается равным 12 или 24 В.

Подключать светодиод нужно с соблюдением полярности, иначе он выйдет из строя.

Сегодня физика работы светодиода кажется весьма простой: при подаче «прямого» напряжения на р- и n- области кристалла полупроводника, через р-n переход носителями положительных и отрицательных зарядов начинает создаваться электрический ток. В процессе передачи тока происходит так называемая рекомбинация – слияние и взаимная компенсация электронов (отрицательных зарядов) и «дырок» (положительных зарядов). Но рекомбинация, как явление энергетических превращений, обязательно сопровождается излучением какого-либо кванта. В обычных полупроводниках высвобожденная энергия рекомбинации превращается в тепло. Но изменяя состав полупроводникового кристалла, возможно достичь эффекта, когда «свободным» квантом рекомбинации будет фотон. А фотон, как известно – квант света. Таким образом, свечение светодиода есть следствие рекомбинации зарядов в р-n переходе полупроводника специального состава. Очевидно, что если практически вся энергия рекомбинации переходит в световую, на тепловую ничего не остается. Этим объясняется отсутствие нагрева работающего светодиода. Точнее, небольшой нагрев рабочего тела имеет совсем другую природу, нежели рождение света. Цвет излучаемого светодиодом света не монохроматичен, как у лазера, но имеет довольно узкий спектр, что долгое время определяло область применения светодиодов как индикаторных приборов. Но в зависимости от состава полупроводника, оказалось возможным создавать светодиоды, излучающие от средне-инфракрасного до жесткого ультрафиолетового спектры. Эта особенность светодиодов сильно расширила горизонты применения приборов от медицинских до научно-исследовательских лабораторий.

Светодиоды находят применение практически во всех областях светотехники, за исключением освещения производственных площадей, да и там могут использоваться в аварийном освещении. Светодиоды оказываются незаменимы в дизайнерском освещении благодаря их чистому цвету, а также в светодинамических системах. Выгодно же их применять там, где дорого обходится частое обслуживание, где необходимо жестко экономить электроэнергию и где высоки требования по электробезопасности.

2.2.2 Способы получения белого свечения у светодиодов

Белый свет можно получить смешением красного, зеленого и голубого, излучаемого светодиодами разного типа, размещенными на одной матрице. Данный принцип используется в телевидении при передаче цветного сигнала.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Второй способ похож на реализуемый в люминесцентных лампах, когда свет излучает белый люминофор под воздействием ультрафиолетового излучения. Источником ультрафиолетового излучения может быть светодиод.

По третьей технологии светодиод голубого света покрывают смесью зеленого и красного люминофора. В результате сложения излучения диода и люминофоров получается белый свет.

В последние несколько лет ученые создали новое поколение светодиодов, вплотную подошедших к спектральным параметрам самых лучших ламп освещения, а по многим другим критериям - далеко обогнавшим своих газонаполненных собратьев. Сверхяркие, всех возможных цветов и мощностей, экономичные, легкие и миниатюрные источники засияли как маленькие звезды, грозя полностью вытеснить лампы накаливания и прочие обыденные электрические источники света.

2.2.3 Управление яркостью светодиода

Яркость светодиодов очень хорошо поддается регулированию, но не за счет снижения напряжения питания - этого-то как раз делать нельзя, - а так называемым методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ), для чего необходим специальный управляющий блок (реально он может быть совмещен с блоком питания и конвертором, а также с контроллером управления цветом RGB-матрицы). Метод ШИМ заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно-модулированный ток, причем частота сигнала должна составлять сотни или тысячи герц, а ширина импульсов и пауз между ними может изменяться. Средняя яркость светодиода становится управляемой, в то же время светодиод не гаснет. Небольшое изменение цветовой температуры светодиода при диммировании несравнимо с аналогичным смещением для ламп накаливания.

Яркость светодиода характеризуется световым потоком и осевой силой света, а также диаграммой направленности. Существующие светодиоды разных конструкций излучают в телесном угле от 4 до 140 градусов. Цвет, как обычно, определяется координатами цветности и цветовой температурой, а также длиной волны излучения.

2.2.4 Влияние температуры

Говоря о температуре светодиода, необходимо различать температуру на поверхности кристалла и в области р-п-перехода. От первой зависит срок службы, от второй - световой выход. В целом с повышением температуры р-п-перехода яркость светодиода падает, потому что уменьшается внутренний квантовый выход из-за влияния колебаний кристаллической решетки. Поэтому так важен хороший теплоотвод. Падение яркости с повышением температуры не одинаково у светодиодов разных цветов.

Светодиоды находят применение практически во всех областях светотехники, за исключением освещения производственных площадей, да и там могут использоваться в аварийном освещении. Светодиоды оказываются незаменимы в

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

дизайнерском освещении благодаря их чистому цвету, а также в светодинамических системах. Выгодно же их применять там, где дорого обходится частое обслуживание, где необходимо жестко экономить электроэнергию и где высоки требования по электробезопасности.

2.3 Микроконтроллер

Микроконтроллер - микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами; типично микроконтроллер сочетает в себе функции процессора и периферийных устройств, может содержать ОЗУ и ПЗУ; по сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи. Использование одной микросхемы, вместо целого набора, как в случае обычных процессоров, применяемых в персональных компьютерах, значительно снижает размеры, энергопотребление и стоимость устройств, построенных на базе микроконтроллеров. Микроконтроллеры являются основой для построения встраиваемых систем, их можно встретить во многих современных приборах, таких, как телефоны, стиральные машины и т. п. Термин микроконтроллер вытеснил из употребления ранее использовавшийся термин однокристальная микро-ЭВМ.

Основными характеристиками, определяющими производительность процессорного ядра МК, являются:

- набор регистров для хранения промежуточных данных;
- система команд процессора;
- способы адресации операндов в пространстве памяти;
- организация процессов выборки и исполнения команды.

2.4 АСУНО «ПолиТЭР»

Автоматизированные системы управления наружным освещением (АСУНО) городов являются относительно новым типом распределённых систем диспетчерского управления. Существовавшие до этого релейные системы дистанционного централизованного управления наружным освещением были разработаны в СССР в шестидесятые-семидесятые годы XX века и обеспечивали дистанционное включение основных режимов освещения, контроль исправности силового оборудования и прохождение команд управления в неразветвлённых, последовательно соединённых каскадах освещения. В дальнейшем рост потребностей контроля за состоянием сетей НО привёл к появлению в девяностых годах компьютеризированных АСУНО различных разработчиков, которые обеспечивали значительное увеличение функциональных возможностей управления и диагностики наружного освещения. Перспективы развития АСУНО определяются следующими направлениями разработок: дальнейшее повышение надёжности аппаратуры, максимальная централизация контроля с полным охватом всех пунктов включения (ПВ), получение полной информации о неисправностях, дистанционная локализация мест возникновения неисправностей и аварий вплоть до неисправности отдельного светильника, встроенный учёт

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

расхода электроэнергии. Уже сейчас, одним из важнейших направлений развития АСУНО становятся системы с плавным дистанционным управлением яркостью и адресным контролем каждого светильника. Это достигается за счёт применения в светильниках наружного освещения специализированной электронной пускорегулирующей аппаратуры, обеспечивающей не только возможность плавного изменения светового потока лампы, но и ряд других полезных качеств, из которых важнейшими являются повышенный срок службы ламп, отсутствие миганий и стробоскопического эффекта, стабилизация светового потока вне зависимости от величины питающего напряжения и др.. Отсутствие массового применения таких решений объясняется пока лишь недостаточной надёжностью этой аппаратуры при относительно высокой цене. Вполне конкурентоспособным этому варианту с точки зрения обеспечения энергосбережения в вечернем и ночном режимах работы линий наружного освещения представляется вариант управления яркостью светильников с помощью управляемых автотрансформаторов, устанавливаемых в ПВ. Наличие различных подходов к проектированию АСУНО, отсутствие в настоящее время стандартизации в этой области делают актуальной разработку собственной АСУНО и формирование комплекса предъявляемых к АСУНО требований по составу функций.

АСУНО «ПолиТЭР» - система, предназначенная для автоматизированного диспетчерского управления и коммерческого учета потребления электроэнергии в системах наружного освещения городов и промышленных предприятий. Стоит отметить, что программное обеспечение «ПолиТЭР» внесено в Государственный реестр Российского программного обеспечения. В реалиях того, что система в частности может быть установлена в бюджетных организациях, и активного, в том числе программного, импортозамещения, «ПолиТЭР» выигрышно выглядит на рынке соответствующего программного обеспечения.

«ПолиТЭР» масштабируема в плане наличия на ЭВМ: ее можно установить как на один компьютер, так и приобрести корпоративное сетевое решение.

Поддерживаются различные технологии передачи данных: ВОЛС, Ethernet, GSM/GPRS/CSD, SMS, PLC, радиоканал.

Пример рабочего окна «ПолиТЭР» представлен на рисунке 2.2.

Программа дружелюбна к пользователю и позволяет выводить на мониторинг самые различные данные, такие как сила тока в цепи, напряжение, мощность, время работы, уровень яркости, наличие связи с элементом освещения и многое другое.

Недостаток состоит в необходимости дополнительного приобретения устройств, способных передавать нужные данные.

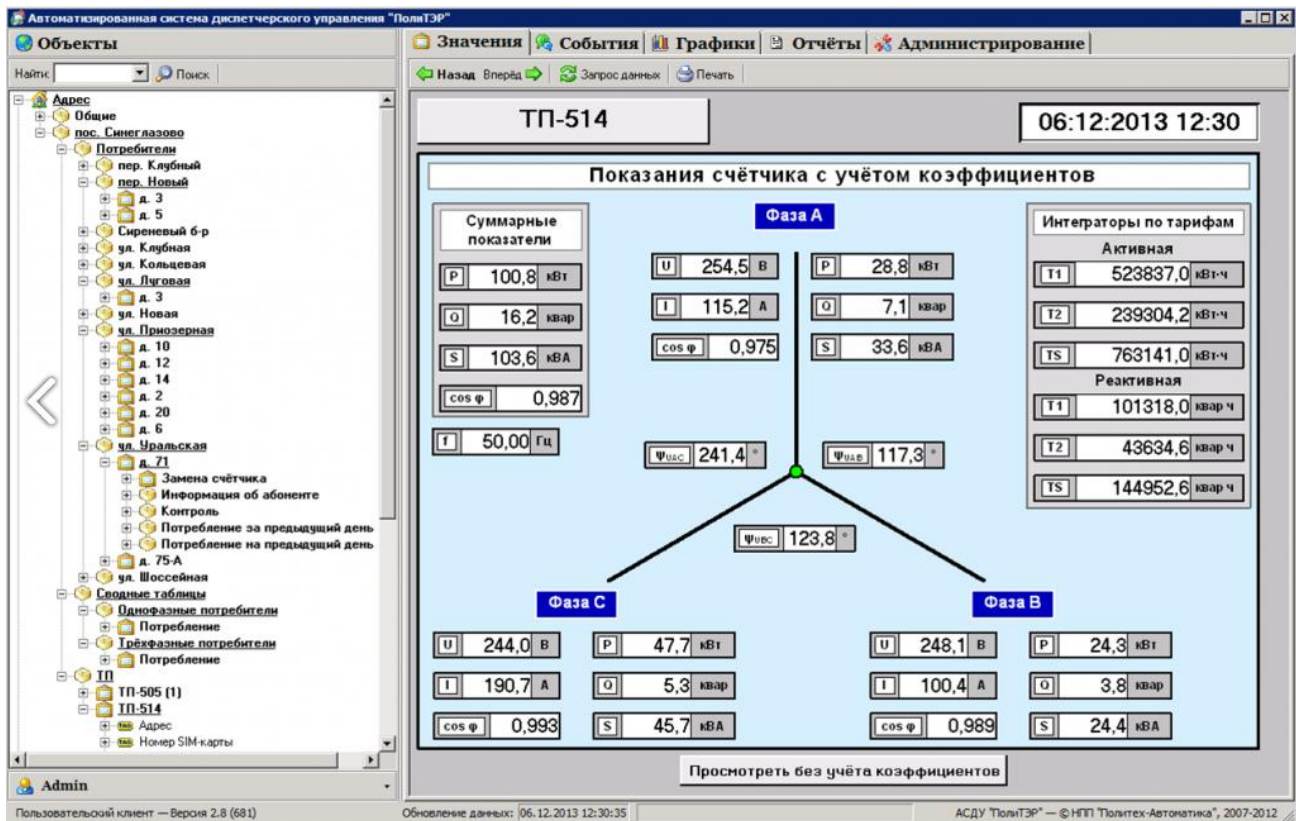


Рисунок 2.2 – Пример рабочего окна программы «ПолиТЭР»

Выводы по разделу два

Рассмотрены особенности отдельных элементов системы освещения.

Определены типы фотоэлементов в рассмотренных ранее автономных системах освещения.

В случае использования светодиодного светильника, его яркостью можно свободно регулировать за счет установленного на борту системы освещения блока широтно-импульсной модуляции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

3 РАСЧЕТ, ВЫБОР И ОПИСАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Приходя к расчету уличного освещения, в частности, встает вопрос о погодных, в том числе температурных условиях, при которых система освещения будет функционировать. Для определения целесообразности использования солнечных батарей нужно знать температурный режим, а именно определение средних температур и абсолютного минимума, а также количество солнечного излучения. Также необходимо определить, имеет ли место изменение средней температуры со временем, и, если температура возрастает с длительным течением времени, касательно данного показателя можно будет считать, что использование солнечных панелей для накопления энергии и питания осветительных приборов в течении их срока службы не будет иметь негативный эффект.

Расчет же емкости батареи подразумевает представление наихудшей ситуации во время работы системы освещения, когда на единицу времени работы светильника приходится минимум солнечного излучения.

3.1 Погодные условия

3.1.1 Температурные условия

Температурный фон можно охарактеризовать такими основными параметрами, как средний минимум, абсолютный и средний из абсолютных минимумов температуры воздуха.

Средний минимум температуры воздуха – это величина, полученная путем осреднения ежедневного отсчета по минимальному термометру, установленному в психрометрической будке. Естественно, что такая температура может существенно отличаться от той, которую пытаются измерить за окном на балконе или еще где-то на открытом воздухе и при этом обычным, а не метеорологическим термометром. Средний минимум температуры воздуха дает представление о преобладающей температуре в течение месяца в наиболее холодную часть суток и, как показывает суточный ход, такая температура держится зимой в среднем несколько часов в конце ночи и утром. На эту температуру местные условия влияют в гораздо большей степени, чем на среднесуточную. При одной и той же высоте станции над уровнем моря в низинах, котловинах и узких долинах, куда стекает и где застаивается холодный воздух, минимальная температура может быть ниже, чем на склонах или вершинах сопек.

В январе средние минимальные температуры воздуха составляют в основном 19 градусов ниже нуля.

Первое место по числу наблюденных абсолютных (исторических) минимумов занимает январь 1969 и 1972 годов.

Тогда средний минимум температуры воздуха достигал -43°C .

Конечно, такие экстремумы явление редкое и регистрируется 1-2 раза в 50-100 лет, но средние значения из ежегодных абсолютных минимумов представляют собой вполне ожидаемые величины и являются достаточно реальными показателями.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

телями самой низкой температуры воздуха. В таблице 3.1 представлены средние минимумы температуры воздуха в городе Златоуст за последние 30 лет. Даже за такой относительно небольшой промежуток времени анализ динамики хода средней из минимальных температур воздуха показывает наличие положительного тренда. Тренд повышения температуры виден четче при анализе таких показателей за более длительный промежуток времени.

1991	-13.2	-12.6	-7.9	7.5	13.6	18.6	16.1	12.6	9.5	6.2	-4.1	-13.8	2.7
1992	-11.5	-10.4	-5.3	2.3	8.6	12.3	13.8	11.8	9.5	0.7	-5.3	-10.1	1.4
1993	-10.0	-13.0	-7.9	1.4	9.7	15.1	16.5	14.2	4.3	1.1	-15.1	-11.4	0.4
1994	-10.6	-18.1	-7.8	3.5	9.9	15.0	13.2	13.1	9.7	4.7	-7.0	-12.0	1.1
1995	-12.1	-5.8	-2.2	8.9	11.4	16.2	17.5	15.1	9.0	2.7	-3.6	-13.9	3.6
1996	-16.0	-13.1	-7.0	-1.2	11.3	17.4	17.6	12.2	7.1	-0.1	-4.1	-11.3	1.1
1997	-17.3	-9.9	-3.0	4.4	10.4	15.9	14.1	13.0	9.2	5.1	-8.1	-13.5	1.7
1998	-11.9	-14.9	-5.1	-2.4	10.6	18.0	19.5	15.9	7.9	2.6	-11.1	-7.5	1.8
1999	-10.6	-7.5	-10.3	3.9	7.8	13.1	17.6	14.0	8.1	4.4	-11.0	-7.2	1.9
2000	-11.7	-8.5	-4.0	5.9	6.4	16.1	17.7	14.3	7.2	0.9	-7.2	-10.4	2.2
2001	-14.8	-15.8	-7.2	3.5	10.6	14.4	18.2	13.1	10.9	3.7	-9.0	-9.9	1.5
2002	-13.7	-16.3	-6.3	9.4	12.9	17.9	20.1	17.1	9.2	4.0	-4.1	-16.3	2.8
2003	-14.5	-8.7	-7.8	4.0	10.2	16.4	17.0	15.6	9.3	1.1	-0.1	-8.8	2.8
2004	-14.7	-14.8	-2.8	0.8	13.3	15.1	12.8	16.7	7.5	-1.7	-7.1	-9.3	1.3
2005	-12.2	-7.6	-4.4	2.7	11.4	17.8	14.5	12.0	10.8	-0.4	-7.8	-7.9	2.4
2006	-15.5	-5.2	-4.8	6.0	11.1	14.8	17.6	20.0	9.5	-0.9	-9.6	-15.3	2.3
2007	-11.7	-12.3	-4.0	3.3	8.8	13.4	16.3	15.9	8.8	0.6	-3.7	-10.0	2.1
2008	-15.7	-12.5	-9.1	1.7	8.8	12.5	18.1	14.4	9.9	2.8	-6.9	-12.0	1.0
2009	-12.5	-11.1	-2.5	2.4	11.4	13.9	17.6	14.0	6.8	4.2	-6.1	-7.8	2.5
2010	-10.9	-13.4	-4.0	5.2	11.8	13.0	15.8	13.0	8.6	0.2	-4.8	-14.3	1.7
2011	-9.0	-5.8	-2.4	0.2	7.4	12.0	17.3	11.8	10.1	1.9	-3.9	-20.2	1.6
2012	-11.3	-14.7	-6.1	3.2	10.7	12.7	16.9	17.9	10.4	2.8	-6.5	-6.8	2.4
2013	-10.3	-10.0	-5.1	-0.5	13.0	15.4	18.9	14.9	10.0	1.0	-3.8	-11.7	2.7
2014	-12.1	-15.0	-7.9	3.7	12.8	14.4	16.9	14.5	10.0	3.6	-2.9	-9.8	2.4
2015	-20.7	-11.0	-4.7	2.5	10.7	16.9	14.1	13.7	10.0	1.8	-8.1	-7.2	1.5
2016	-6.3	-15.4	-3.8	3.7	10.8	13.0	17.3	17.4	9.9	3.5	-6.8	-12.5	2.6
2017	-14.4	-9.9	-2.1	4.5	10.5	14.4	18.6	15.7	6.5	4.0	-0.2	-8.7	3.2
2018	-12.0	-9.7	-3.6	0.9	10.4	16.2	15.0	13.7	10.8	4.1	-4.4	-14.6	2.2
2019	-19.1	-15.3	-6.1	4.2	12.7	17.7	19.0	18.6	9.7	1.9	-2.5	-11.8	2.4

Рисунок 3.1 – Средние минимумы температуры воздуха Златоуста

При работе в данном диапазоне температур аккумуляторные батареи заряжаются и отдают энергию штатно, более того, проблема исчезает при появлении даже малейшего роста температур.

Для получения результата о наличии либо отсутствии роста средних минимумов, в соответствии с ГОСТ Р 53613-2009, средние минимумы за 10 лет срав-

ниваются с аналогичными периодами. В нашем случае, один из периодов составляет 9 лет.

Среднее арифметическое минимумов:

$$T_{\text{ср}}^{\text{период}} = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{n}, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{ср}}^{\text{период}}$ - среднее арифметическое минимумов,

T_1, T_2, \dots, T_n - средние минимумы в периоде,

n – количество средних минимумов в расчетном периоде;

$$T_{\text{ср}}^{91-00} = \frac{2,7+1,4+0,4+1,1+3,6+1,1+1,7+1,8+1,9+2,2}{10} = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_{\text{ср}}^{01-10} = \frac{1,5+2,8+2,8+1,3+2,4+2,3+2,1+1,0+2,5+1,7}{10} = 2,2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_{\text{ср}}^{11-19} = \frac{1,6+2,4+2,7+2,4+1,5+2,6+3,2+2,2+2,4}{9} = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3.1.2 Солнечное излучение

В ясную погоду 1 м^2 земной поверхности в среднем поглощает 1000 Ватт (Вт) световой энергии солнца. В зависимости от местности участка земли солнечная энергия поступает неравномерно из-за облачности в пасмурную погоду, есть места, где солнце светит 320-350 дней в году, а есть такие места, где солнца не бывает вообще. Исходя из этого, прежде чем ставить солнечные батареи с целью выработки электричества, необходимо определить эффективность применения данного метода.

Как только Солнце начинает склоняться к горизонту, путь его лучей сквозь атмосферу начинает увеличиваться, соответственно, возрастают и потери на этом пути. Однако стоит учитывать и то, что в полдень на каждый квадратный метр, ориентированный перпендикулярно солнечным лучам, приходится более 1 кВт солнечной энергии. С учетом этого, изначальный показатель в 1кВт считается правдивым.

Средняя продолжительность светового дня за 1 год составляет 12 часов. При этом ясные дни в Златоусте составляют примерно 40% от количества дней в году, 40% - пасмурные дни (в этом случае поглощение энергии Солнца Землей составляет 50% от поглощения энергии в ясные дни), 20% - осадочные дни.

Количество принятой (потраченной) электроэнергии:

$$W = w \cdot t \quad (3.2)$$

где w – мощность электроприбора;

t – время работы электроприбора

Тогда за 1 год количество принятой электроэнергии солнечной батареей площадью 1 м^2 составит:

$$W_{\text{год}}^{1\text{м}^2} = 1000\text{Вт} \cdot 12\text{ч} \cdot 365\text{дн} \cdot 40\% + 500\text{Вт} \cdot 12\text{ч} \cdot 365\text{дн} \cdot 40\% = 2,628 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Светодиодный светильник мощностью 100 Вт за 1 год, при том, что будет работать в среднем 12 часов в сутки, истратит количество энергии:

$$W_{\text{свет}}^{\text{год}} = 100\text{Вт} \cdot 12\text{ч} \cdot 365\text{дн} = 437 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Наглядно видно, что энергии Солнца более чем достаточно для питания определенных электроприборов даже в месте, где его свет бывает редко.

3.2 Расчет емкости аккумуляторной батареи

Рассчитаем емкость батареи с учетом использования максимум 80% ее емкости (во избежание переразряда), а также выявленных ранее показателей.

В расчетах трат светодиода для упрощения принимается 12 часов как среднесуточное время работы на протяжении года. Однако ближе к дням солнцестояния картина резко меняется. В зимний день солнцестояния, в частности в городе Златоуст, Солнце светит примерно 8,5 часов. Соответственно, с учетом наступления сумерек, светильнику в эти сутки необходимо светить 14,5 часов. Также стоит иметь ввиду пасмурные дни, когда энергия Солнца поглощается только наполовину от аналогичного показателя при ясной погоде, при этом пасмурные дни могут повторяться.

Для определения целесообразности использования солнечной батареи как элемента питания светодиодного наружного светильника мощностью 80Вт, стоит рассчитать поглощаемую световую энергию Солнца солнечной батареей на 1м² с учетом КПД этой батареи в период зимнего солнцестояния трехдневной длительности при пасмурной погоде (статистически наихудший случай), и сравнить с мощностью, расходуемой светильником в этот же период времени.

КПД процесса поглощения энергии Солнца рассмотренными ранее автономными системами освещения, с учетом использования в них кремниевых поликристаллических приемников, в соответствии с таблицей 2.1, составляет 20,3%.

Для расчета емкость аккумуляторной батареи необходимо знать, какое количество энергии она будет запасать в наихудшем случае.

Энергия, поглощаемая солнечной панелью и принимаемая аккумулятором:

$$W_{\text{погл}} = 500\text{Вт} \cdot 8,5\text{ч} \cdot 3\text{дн} \cdot 20,3\% = 2,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

Энергия, требуемая для работы светодиодного светильника:

$$W_{\text{свет}}^{\text{нед}} = 100\text{Вт} \cdot 14,5\text{ч} \cdot 3\text{дн} = 4,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Учитывая, что энергия может накапливаться и храниться в солнечной батарее длительное время, для бесперебойной штатной работы светильника в любое

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

время, необходимо, чтобы аккумуляторная батарея содержала резервное количество энергии:

$$W_{рез} = W_{свет}^{нед} - W_{погл} = 1,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Таким образом, минимально необходимая емкость аккумуляторной батареи с учетом использования 80 % ее емкости:

$$Q = \frac{P \cdot t}{V \cdot k} = \frac{W_{рез}}{V \cdot k}, \quad (3.3)$$

где Q – емкость аккумуляторной батареи, А·ч,
P – нагрузочная мощность, Вт,
t – временной промежуток резервирования, ч
V – напряжение, В
k – коэффициент использования емкости аккумулятора;

$$Q = \frac{1,7 \text{ кВт}}{12\text{В} \cdot 0,8} = 177 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

3.3 Выбор автономной системы освещения

Автономная система освещения получает энергию Солнца, преобразуя ее в электрический ток, поглощаемый установленной аккумуляторной батареей. В период, когда от системы требуется освещение, установленный осветительный прибор работает, поглощая электроэнергию, запасенную в аккумуляторной батарее.

Выбор автономной системы освещения зависит:

- от емкости установленной аккумуляторной батареи;
- от светового потока осветительного прибора;
- от типа осветительного прибора;
- от исполнения;
- от площади и КПД установленной светопоглощающей панели.

Емкость аккумуляторной батареи не может быть меньше рассчитанной ранее.

Световой поток осветительного прибора должен быть не меньше светового потока заменяемых осветительных приборов и соответствовать значениям, указанным в ГОСТ Р 55706-2013.

Тип осветительного прибора – светодиодный светильник вместо газоразрядных ламп, выбран с учетом большего КПД при одинаковом световом потоке и большей наработке на отказ.

Исполнение автономной системы освещения – IP65, объясняется необходимостью выдерживать различные погодные условия при штатном режиме работы.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Площадь и КПД установленной светопоглощающей панели осуществляется в соответствии с каталогами электротехнической промышленности на основе рассчитанных ранее показателей.

Согласно расчетов, минимально необходимая емкость аккумуляторной батареи автономной системы освещения $Q=177 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

При прочих равных, выбрана автономная система освещения SL-50-400/200 от компании ООО «Сан Шайнс» ввиду меньшей ее стоимости.

3.4 Общие сведения об автономной системе освещения

Автономная система освещения Sun Shines SL-50-400/200 выпускается в соответствии с требованиями ТУ 3487-001-44420140-2016. Автономная система освещения Sun Shines SL-50-400/200 незаменима для установки на тех участках, где затруднен или невозможен подвод электросети, либо прокладка электрического кабеля экономически невыгодна, а именно:

- междугородние магистрали и дороги вне населенных пунктов;
- улицы в населенных пунктах вдали от электросети;
- участки, где требуется разрушение дорожного полотна;
- загородные дома и дачи;
- пляжи, зоны отдыха, парковые зоны;
- прочие отдаленные от сети объекты.

Автономная система освещения Sun Shines SL-50-400/200 специально разработана для российских условий и обеспечивает бесперебойную работу круглогодично при правильном подборе параметров электростанции и нагрузки. Антивандалная конструкция устройства обеспечит сохранность и работоспособность в течении всего срока эксплуатации.

Преимущества системы:

- не требует подключения к электрической сети, прокладки кабеля, устройства траншей и воздушных сетей;
- не потребляет и не требует затрат на электроэнергию;
- не требует проектных работ и получения разрешительной документации;
- не требует установки приборов учета и организации учета электроэнергии;
- работают в автономном режиме без участия человека, требуют минимум профилактического обслуживания;
- устанавливаются в любом месте;
- мощная солнечная батарея, АКБ большой емкости и мультипрограммный контроллер обеспечивают надежную и бесперебойную работу в зимних условиях;
- антивандалная конструкция СЭ изготовлена из качественной стали и окрашена порошковым полимерным покрытием;

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- эстетичная конструкция украсит архитектурный ландшафт населенного пункта;
- аккумулятор с повышенным количеством циклов «заряд-разряд»;
- надежные и герметичные разъемы для подключения кабелей;
- устанавливается в течении 30 минут;
- не требует затрат при монтаже и эксплуатации;
- окупается при установке.
- Система предназначена для энергообеспечения:
 - уличных, парковых и коттеджных светильников;
 - светофоров и дорожных знаков;
 - светильников автомобильных дорог;
 - светофоров железнодорожных переездов;
 - светильников на остановках общественного транспорта;
 - прожекторов рекламных щитов;
 - коттеджей и загородных домов;
 - систем видеонаблюдения и фото-фиксации;
 - систем мониторинга отдаленных объектов;
 - автоматов парковки;
 - электрифицированных мусорных баков и контейнеров;
 - установок для уничтожения вредителей и насекомых.
- Область применения и условия эксплуатации:
 - является автономным стационарным устройством;
 - вид климатического исполнения УХЛ-1;
 - допустимый для эксплуатации диапазон температур от -40°C до +50°C;
 - класс защиты IP65;
 - диапазон атмосферного давления мм рт.ст от 450 до 900;
 - соответствует требованиям ТР ТС 004/2001 «О безопасности низковольтного оборудования»; ТР ТС 020/2001 «Электромагнитная совместимость технических средств»;
 - относительная влажность окружающей среды 100%.

Выводы по разделу три

В климатических условиях Златоуста аккумуляторные батареи будут работать в штатном режиме без необходимости дополнительной модернизации системы освещения.

Рассчитана необходимая емкость аккумуляторной батареи Q=177 А·ч для работы в наихудших условиях.

Выбрана автономная система освещения SL-50-400/200 от компании ООО «Сан Шайнс»

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

4 РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ

4.1 Мониторинг данных

Для мониторинга данных предлагается с некоторой периодичностью передавать необходимые данные на АСУНО. Ими могут быть: время активной работы светильника, текущее состояние, текущий заряд аккумуляторной батареи. Из-за того, что данные должны передаваться постоянно, а сигналы управления передаются по запросу или расписанию, данные мониторинга отправляются на соседние выводы контроллера и по своему алгоритму. В момент начала мониторинга контроллер передает данные у текущем состоянии светильника. Из некоторого сегмента ПЗУ считывается записанные ранее режим работы и время работы в этом режиме. Хранение этих данных в ПЗУ обусловлено необходимостью хранить данные независимо от АСУНО. В случае, когда АСУНО будет перезагружена или остановлена на регламентные работы, данные не исчезнут, и после возобновления работы во время мониторинга будет проведена синхронизация. Это работает и в обратную сторону, когда в каком-либо случае останавливается автономная система освещения. В этом случае банком данных выступает АСУНО. Синхронизация проводится каждый раз в момент отправки данных мониторинга в целях предотвращения потери данных.

Для предотвращения потери данных предполагается получения сигнала от АСУНО о приеме данных мониторинга. В случае отсутствия сигнала о приеме данные передаются повторно некоторое количество раз. Если и в этом случае сообщение о принятии данных не получено, в ПЗУ контроллера записывается информация о том, что в некоторый момент времени отправка данных, возможно, была прервана. Неточность со стороны контроллера связана с тем, что в этот момент могла не работать сама АСУНО.

Реализация такого предотвращения строится на цикле с постусловием.

Принцип мониторинга основан на дополнении данных, не на их удалении. Поэтому синхронизация сводится к сравнению того, какой банк имеет меньше данных, и соответствующему дополнению. Такая операция проводится и в АСУНО, и в самом контроллере.

В изображении алгоритма контроллера за a принимаются данные с АСУНО, за b – данные в ПЗУ контроллера, за c – текущие данные мониторинга, за d - сигнал о получении данных АСУНО, где 1 – данные получены, 0 - нет. По рассмотренному ранее принципу мониторинга требуется лишь сравнение, где этих данных больше, и затем соответствующие действия. Также вводится переменная n – количество попыток отправки данных в АСУНО, если она превышает критическое число попыток отправки m , то в ПЗУ записывается сообщение о невозможности отправки.

Алгоритм мониторинга для контроллера представлен на рисунке 4.1.

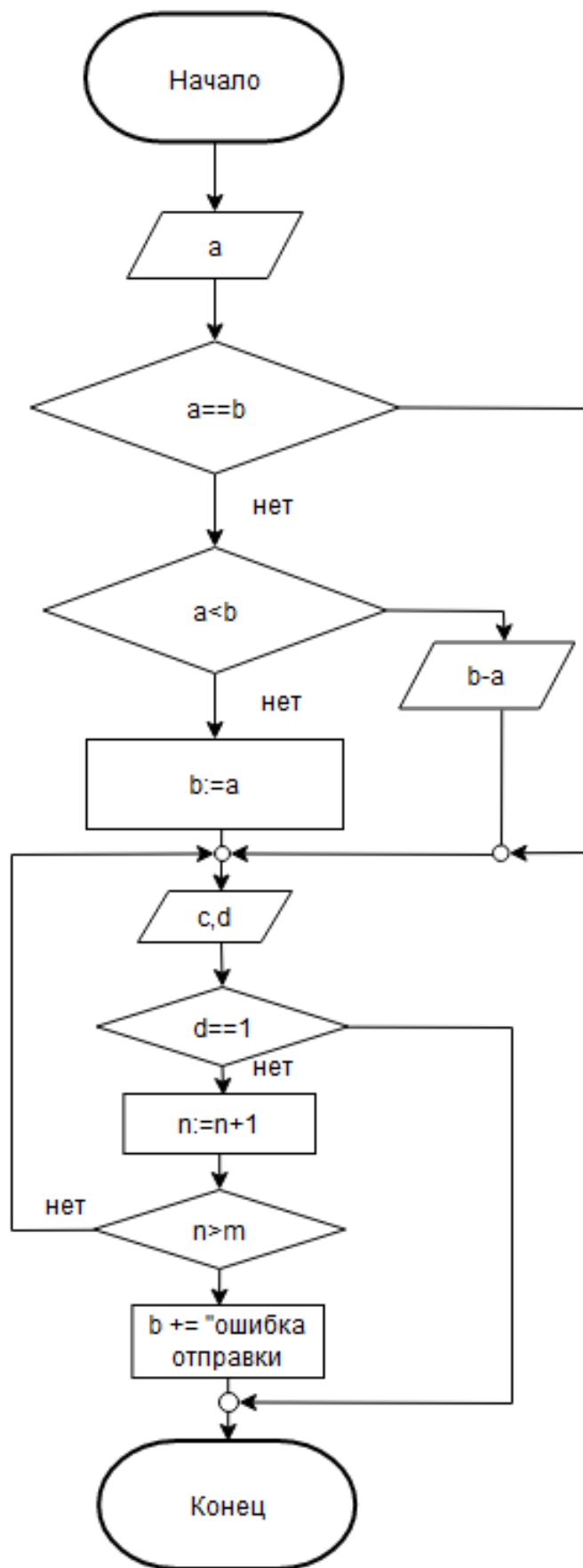


Рисунок 4.1 – Алгоритм мониторинга для контроллера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.2 Алгоритм включения-выключения светильника

В данной работе используется микрокомпьютер на базе микроконтроллера как устройство, принимающее, обрабатывающее и передающее определенную информацию.

Под мониторингом в настоящей работе понимается передача на АСУНО показателей времени активной работы и использованной электроэнергии. Так как из первого показателя расчетным способом можно получить второй, то передаваться будет только время работы. Предполагается, что АСУНО известна мощность оборудования, от которого она принимает данные. Кроме того, после нескольких неудачных попыток включения микрокомпьютер может отправить сигнал о возможной неисправности.

Предлагается один раз в единицу времени обмениваться данными с АСУНО. Это реализуется наличием задержки между операциями. При этом на мониторинг данных предусмотрен один алгоритм, и другой – на включение-выключение либо сообщение о неисправности.

На рисунке 4.2 представлен алгоритм включения-выключения светильника.

На вход контроллера подается сигнал о включении-выключении управляемого светильника. Контроллер направляет соответствующий сигнал на необходимое реле. Если после этого состояние светильника не изменилось, то есть сигнал «не дошел» до светильника, либо был неправильно обработан, на АСУНО посылается сообщение о том, что в системе управления данным светильником возникла неисправность, которую нужно устранить. В случае, если состояние светильника изменилось, посылается сообщение о текущем его состоянии.

Данный алгоритм в настоящее время реализован в управлении освещением некоторых светильников города Златоуст. Он имеет недостаток, выраженный в следующем. Контроллер обрабатывает сигнал на включение-выключение, не зная, какого состояние светильника в настоящем. Из-за этого может произойти ситуация, когда АСУНО получит сообщение о том, что управление светильником неисправно, хотя на самом деле светильник уже находится в состоянии, в которое его хотят направить. Это может происходить из-за неправильных настроек расписания включения-выключения в АСУНО, либо из-за заведомо неверного сигнала на изменение состояния, которые устанавливает человек. Система должна обрабатывать сигнал верно, по возможности, вне зависимости от наличия ошибки человека в своей работе.

Предлагается модернизировать алгоритм управления. В настоящий момент сигналы на включение и выключение светильника поступают на разные входы контроллера. Для увеличения потенциала контроллера путем освобождения одного ввода, возможно объединить в один алгоритмы включения-выключения, и соответственно один, но цифровой, ввод контроллера.

Чтобы не выдавать преждевременно сообщение об ошибке управления, контроллер перед подачей сигнала на включение-выключение сначала оценивает, включено ли освещение в настоящий момент, и далее проделяет соответствующие операции по включению-выключению согласно имеющейся информации.

Некоторые значения a и b принимаются за значения сигнала c на включение и выключение светильника соответственно. Булевы значения d и e принимаются за состояние светильника (включено или нет) и изменение этого состояния соответственно. При этом вводной сигнал может отличаться от значений a и b . В этом случае контроллер отправит на АСУНО сообщение об ошибке значения сигнала.

С учетом этих данных, комплексный алгоритм включения-выключения светильника представлен на рисунке 4.3.

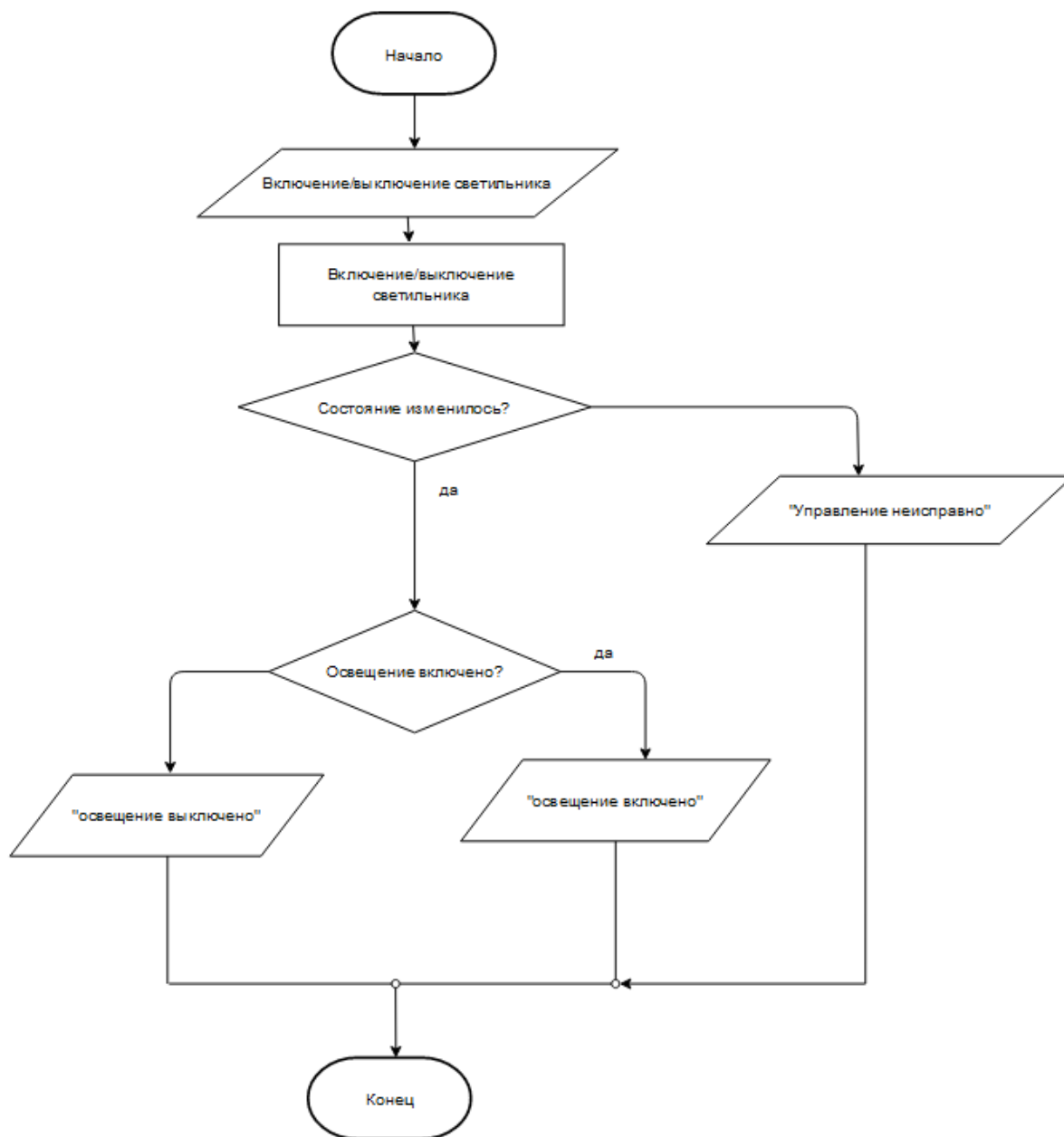


Рисунок 4.2 – Текущий алгоритм включения-выключения светильника

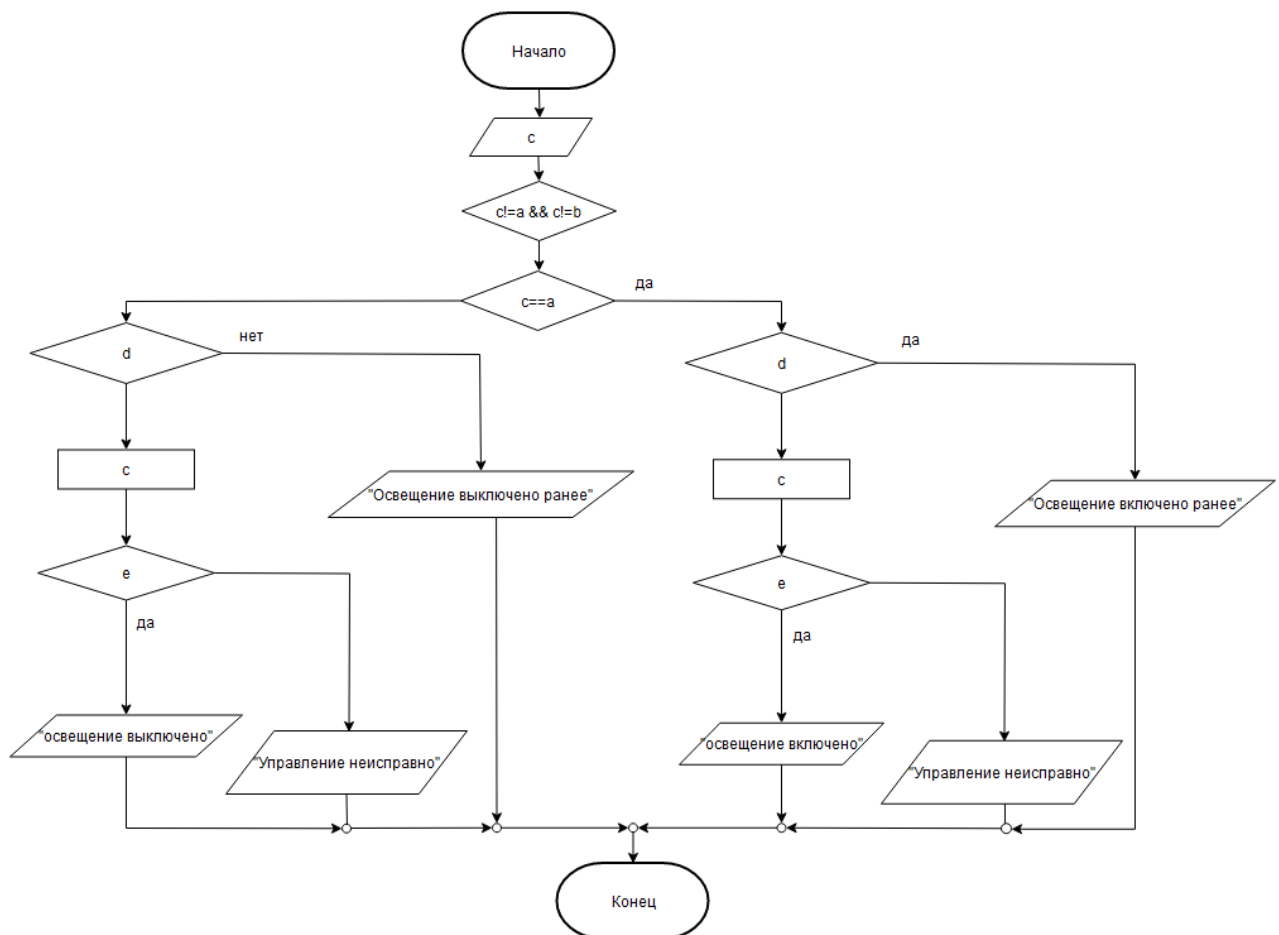


Рисунок 4.3 – Комплексный алгоритм включения-выключения светильника

4.3 Регулировка яркости светильника

Как было указано ранее, яркостью светодиодного светильника, установленного в автономной системе освещения, можно регулировать. Эта возможность определена наличием на борту системы освещения блока широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В основе ШИМ – высокоскоростное последовательное включение-выключение питания нагрузки. Благодаря тому, что светильник будет быстро менять свое состояние с определенной паузой, человек будет видеть свет иной яркости из-за инерционности его зрения. Пример результата изменения напряжения путем применения ШИМ представлен на рисунке 4.4.

Согласно СНиП 23-05-95 не рекомендуется использовать источники света с пульсациями более 10%, однако рекомендация дана только для помещений, поэтому регулировка яркости уличного освещения подобным образом не возбраняется.

Причина возможно необходимого применения регулировки яркости освещения заключается в медленном угасании естественного освещения по вечерам и медленном же его приходе по утрам. В сумерки существуют моменты, когда полное включение искусственного освещения не необходимо, а освещения при вы-

ключенном светильнике – недостаточно. Регулировка яркости помогает решить эту проблему.

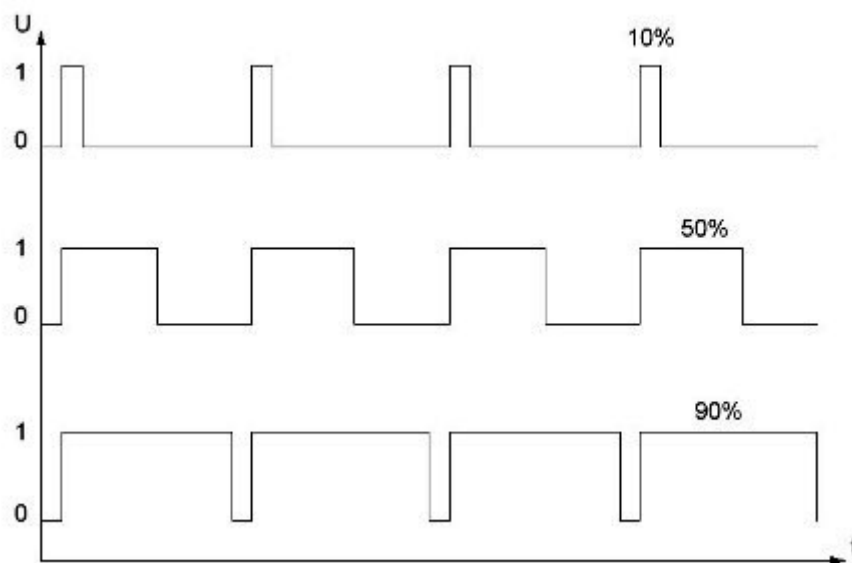


Рисунок 4.4 – Результат измерения напряжения путем применения ШИМ

Кроме прочего, в случаях, когда сумерки длятся длительное время, наличие регулировки яркости позволяет экономить электроэнергию за пределами погрешностей.

Установленному на борту системы освещения ШИМ-блоку для осуществления регулирования необходима информация о времени пульсаций, а именно времени полной подачи напряжения на светильник за единицу времени. Эта величина – расчетная, и может меняться в большую либо меньшую сторону в зависимости от времени суток.

Работа алгоритма регулировки яркости необходима только два раза в сутки, во время рассвета и заката. Поэтому АСУНО должна предусматривать возможность включения этого алгоритма в нужные моменты времени.

Предлагается получать информацию о текущем состоянии естественного освещения A , передавая ее на вход контроллера. Но мгновенное изменение естественного освещения незаметно ни для человека, ни для датчика освещения. Поэтому разница полученного значения текущего состояния $A1$ и $A2$, полученного ранее с некоторой задержкой x , будет сравниваться с некоторой величиной a с целью определения необходимости осуществления регулировки. Кроме прочего, $A1$ и $A2$ не должны быть равны, в противном случае регулировка вообще не требуется. Поскольку математический знак a постоянен, необходимо определять знак разности $A1-A2$ с целью верного сравнения. Сигнал о времени полной подачи напряжения на светильник за единицу времени b будет представлять собой некоторую функцию от $A2$, как полученного позднее значения.

Алгоритм регулировки яркости освещения представлен на рисунке 4.5

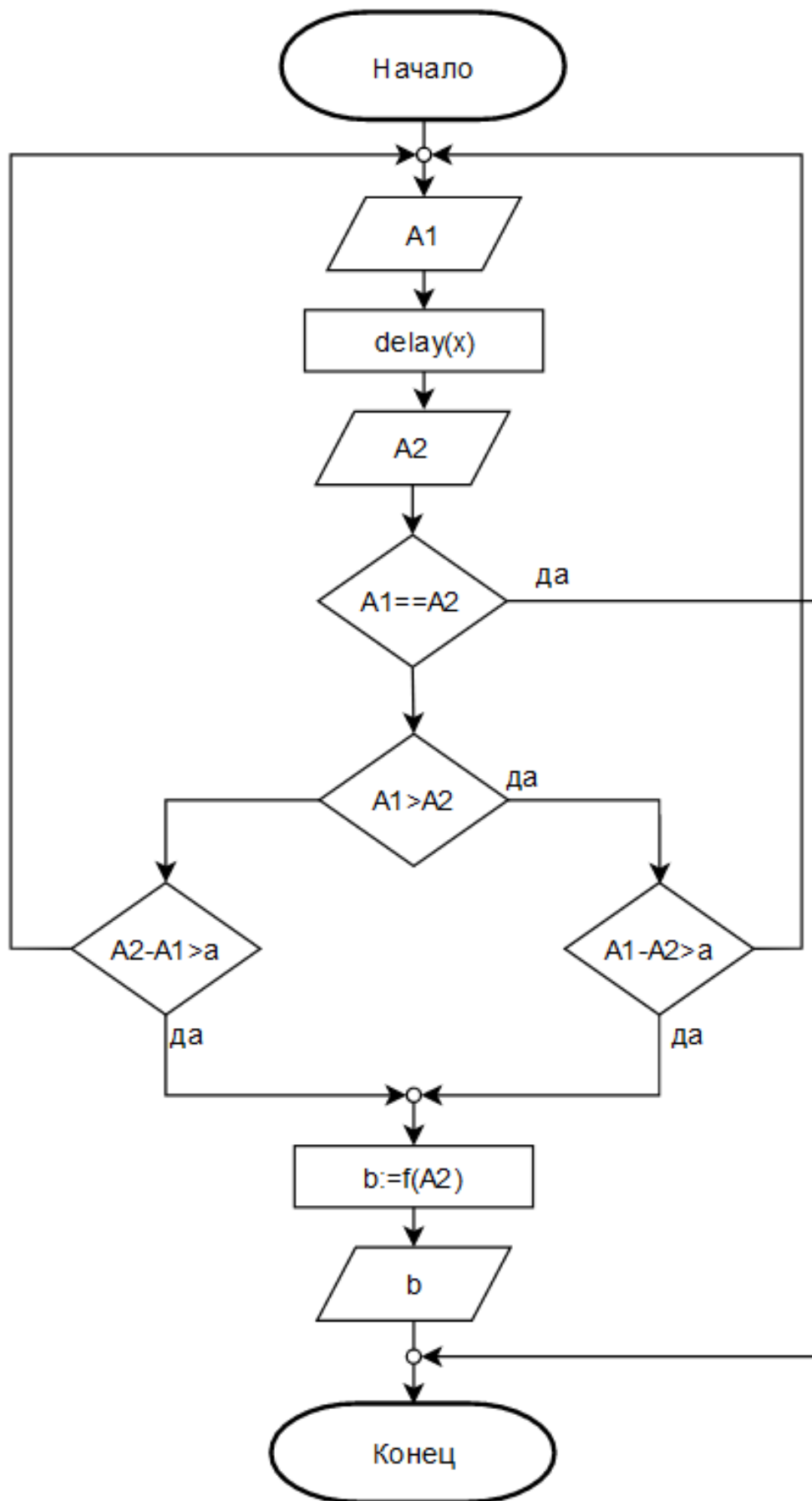


Рисунок 4.5 – Алгоритм регулировки яркости

Выводы по разделу четыре

Реализованы мониторинг данных согласно теоретического задания на мониторинг, комплексный алгоритм включения-выключения светильника контроллером, а также алгоритм автоматической регулировки яркости.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Главная причина модернизации системы управления уличным освещением – экономия средств на электроэнергию, поступающей на освещение дорог и тротуаров, а также меньшей необходимости выезда аварийных служб при сбое сигналов управления от системы управления благодаря автономной системе управления.

Расход электроэнергии на уличное освещение населенных пунктов определяет время, на которое систему включают в вечернее и ночное время. Согласно п. 4.6.1.13 ГОСТ Р 52766-2007, наружные осветительные установки должны включаться в вечернее время при снижении естественной освещенности менее 20 лк. Выключение светильников осуществляют в утренние сумерки, когда освещенность достигает 10 лк.

При расчете расхода также стоит учесть, что по указанному ГОСТу допускается отключать до 50% светильников при условии, что интенсивность движения пешеходов составляет менее 40 чел./ч, а транспортных средств – менее 50 ед./ч. Но важно, чтобы отключенные фонари не располагались рядом друг с другом. Отключение осуществляют через один фонарный столб.

Кроме статьи затрат непосредственно на электроэнергию, в список необходимо добавить расходы:

- на обслуживание и уход за сооружениями;
- устранение незначительных деформаций и повреждений конструктивных элементов;
- периодические и внеочередные осмотры светильников и опор освещения;
- замену ламп, протирку светильников;
- надзор за исправностью электрических сетей и осветительной арматуры;
- профилактические испытания электрооборудования.

Также расходы увеличиваются при проведении ремонта (текущего или капитального). Это может быть восстановление или замена отдельных изношенных деталей, в том числе на более экономичные, например, обычные лампы заменяют светодиодными. Последние менее требовательны в обслуживании, а работают в разы дольше (до 50-100 тыс. часов), чем помогают добиться хорошей экономии.

Современные световые технологии позволяют сэкономить до 40% потребляемой электроэнергии, что в мировом масштабе эквивалентно 106 млрд евро экономии в год. С экологической точки зрения это соответствует: сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу на 555 млн тонн в год, ежегодному сбережению 2 тераватт электроэнергии и экономии 1,5 млрд баррелей нефти. Применение инновационных систем освещения и светодиодных источников света снижает себестоимости производимых товаров, увеличивает производительность труда и приводит к экономии всех видов ресурсов. Таким образом, для профессионального потребителя результатом внедрения светодиодных ламп в освещении является повышение конкурентоспособности и устойчивости бизнеса. Сегодня для представителей бизнеса инвестиции в современные системы освеще-

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

ния и энергосберегающие лампы, цель которых экономия электроэнергии - это одни из быстро окупаемых вложений. Средний срок окупаемости для проектов энергосбережения в освещении составляет полтора года.

По оценке Международного энергетического агентства, 19% всей потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение. По разным оценкам в России эта цифра составляет около 13-16%. Большая часть приходится на освещение зданий и улиц – 75%. В настоящее время экономия за счет использования энергосберегающих технологий, современных источников света и систем освещения может достигнуть 40-50%. Низкое потребление энергии в масштабах целого города позволяет сохранить не только существенную долю городского бюджета, но и окружающую среду. Сокращение энергопотребления означает уменьшение объемов выброса CO₂, что благотворно влияет на экологию города и планеты в целом.

Светодиодные продукты открывают беспрецедентные перспективы в области энергосбережения. Одним из основных достоинств светодиодов является долгий срок службы – до 50 000 часов, так же они полностью диммируются при сохранении однородности цветовой температуры. Светодиоды не содержат свинца, без ИК- и УФ- излучения, что выгодно отличает их от традиционных источников света.

В случае неисправности устройства необходимо немедленно его отремонтировать или заменить в изделии запасную часть. Если важная запасная часть отсутствует, то становится невозможным восстановить работоспособность устройства, что может вызвать простои производства а, следовательно, финансовые и прочие потери. Поэтому рекомендуется иметь на складе запасные части.

Конечно же, ремонт является экономически эффективной альтернативой замены вышедшего из строя оборудования. В некоторых случаях мы можем самостоятельно восстановить работоспособность изделий. Но только если мы выражаем готовность провести эту работу, понимая ответственность за результат.

Хоть какой бы надежной ни была автономная система освещения, она временами должна разбираться для осмотра, проверки и ремонта. Можно поступить просто. Например, системе освещение, независимо от критерия ее работы, нужно выполнять полный ремонт один раз в двенадцать месяцев. Это считается верным решением ввиду простоты конструкции автономной системы освещения. В отличие от, к примеру, электродвигателей, где частая разборка в целях ремонта может привести наоборот, к негативным последствиям, автономную систему освещения, на борту которой находятся аккумуляторная батарея, имеющая индикаторы прихода в негодность, и солнечная панель, требующая ухода, осмотреть не будет лишним, таким образом предотвращая потенциальные поломки.

Время обслуживания для автономной системы освещения не имеет важную роль. Система освещения немалую долю времени своей работы находится в состоянии ожидания (днем), таким образом, работы по восстановлению и обслуживанию можно и нужно проводить в привычное рабочее дневное время. Действительно рабочий момент автономной системы освещения днем – повышение коэффициента готовности, и как причина, зарядка аккумуляторной батареи, процесс

которой прерывается на время обслуживания. Стоит отметить недолгое время обслуживания, к тому же, в случае замены аккумуляторной батареи, со склада устанавливается батарея, прошедшая необходимые тесты и подготовленная к штатной работе.

По результатам данной работы для эксплуатации выбрана автономная система освещения SL-50-400/200 от российской компании ООО «Сан Шайнс». При прочих равных, ее стоимость заметно ниже аналогов, как российских, так и зарубежных. Проблемы, связанные с гарантийным ремонтом, будут решаться быстрее ввиду нахождения сервисных центров компании на территории Российской Федерации.

В качестве пилотного проекта предлагается установить автономные системы освещения в районе Закаменка города Златоуст, на одном километре автомобильной дороги. Для организации освещения на участке дороги протяженностью 1000 метров, в соответствии с ГОСТ Р 55706-2013, потребуется 25 светильников, аналогичных светильникам с лампами ДРЛ-250, с шагом установки опор 40 метров.

5.1 Расчет текущих затрат

Требуется рассмотреть стоимость базового оборудования.

Поскольку базовое оборудование установлено в настоящий момент и эксплуатируется длительное время, практически исключается возможность его демонтажа для продажи. В случае, если продажа планируется – требуется учесть расходы по демонтажу и логистике установленного ныне оборудования; в этом случае расходы могут быть выше вырученных средств за продажу.

Предлагается демонтировать и утилизировать оборудование, при том, что стоимость демонтажа включена в стоимость монтирования нового оборудования. Базовая стоимость $C_1=0$. При этом в расчетах текущих затрат на годовой объем работы учитывается первоначальная его стоимость $C_1=185300$ руб.

Также рассматривается стоимость проектного оборудования, которое представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Стоимость проектного оборудования

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Обозначение	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
Автономная система освещения SL-50-400/200	25	67900	PR ₂	1697500
			C ₂	1697500

Текущие затраты на годовой объем работ при базовом варианте:

$$S_1 = C_1 S_{p1} + C_1 S_{a1} \quad (5.1)$$

где S_{p1} – затраты на текущий ремонт и содержание оборудования, 5% от стоимости оборудования;

S_{a1} – норма годовых амортизационных отчислений, 9%

$$S_1 = 185300 \text{руб.} \cdot 5\% + 185300 \text{руб.} \cdot 9\% = 25942 \text{ руб/год}$$

Текущие затраты на годовой объем работ при проектном варианте:

$$S_2 = C_2 S_{p2} + C_2 S_{a2} \quad (5.2)$$

где S_{p2} – затраты на текущий ремонт и содержание оборудования, 0,3% от стоимости оборудования;

S_{a2} – норма годовых амортизационных отчислений, 1%

$$S_2 = 1697500 \text{руб.} \cdot 0,3\% + 1697500 \text{руб.} \cdot 1\% = 22067,50 \text{ руб/год}$$

5.2 Расчет дополнительных капитальных вложений

Дополнительные капитальные вложения при базовом варианте:

$$K_1 = C_1 \cdot K_{oc1} \quad (5.3)$$

где K_{oc1} – дополнительные капитальные затраты на основные средства с учетом затрат на их транспортировку, монтаж и ввод в действие, в размере 10% от затрат на основное оборудование. С учетом того, что базовое оборудование уже монтировано и настроено:

$$K_1 = 0 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения при проектном варианте:

$$K_2 = C_2 \cdot K_{oc2} \quad (5.4)$$

где K_{oc2} – дополнительные капитальные затраты на основные средства с учетом затрат на их транспортировку, монтаж и ввод в действие, в размере 10% от затрат на основное оборудование.

$$K_2 = 1697500 \text{ руб} \cdot 0,1 = 169750 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию при базовом варианте:

$$X = \frac{W \cdot t \cdot x}{1000} \quad (5.5)$$

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

где W – потребляемая мощность основным оборудованием, 25 ламп ДРЛ-250Вт;

t – время работы ламп в течении года, 365 дней по 12 часов в среднем;

x – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии в Златоусте по состоянию на апрель 2020 года для юридических лиц, 6,50 руб

$$X = \frac{25 \cdot 250 \cdot 12 \cdot 365 \cdot 6,50}{1000} = 177937,5 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения по предлагаемому варианту:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \quad (5.6)$$

$$\Delta K = 169750 - 0 = 169750 \text{ руб.}$$

5.3 Годовой экономический эффект и сроки окупаемости

Годовой экономический эффект от применения модернизированной конструкции:

$$\mathcal{E}_Г = (S_1 - S_2) - E_H \Delta K + X \quad (5.7)$$

где E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, который равен 0,15

$$\mathcal{E}_Г = (25942 - 22067,5) - 0,15 \cdot 169750 + 177937,5 = 156350 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости оборудования:

$$T_{ок} = \frac{C_2 + K_2}{\mathcal{E}_Г} \quad (5.8)$$

$$T_{ок} = \frac{1867250}{156350} = 7,87 \text{ лет}$$

Сравнительные экономические показатели модернизации в сравнении с существующей системой представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Сравнительный экономический анализ модернизации

Показатель	Размерность	Базовый вариант	Проектный вариант
1	2	3	4
Общая стоимость оборудования	руб.	0	1697500

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4
Текущие затраты на годовой объем работ	руб/год	25942	22067,5
Дополнительные капитальные вложения	руб.	0	169750
Затраты на электроэнергию	руб/год	177937,5	0
Годовой экономический эффект	руб.	156350	
Срок окупаемости	лет	11,9	

Вывод по разделу пять

Стоимость оборудования составила 1697500 рублей.

В результате модернизации системы управления уличным освещением получится годовой экономический эффект в сумме 156350 рублей, при этом затраты окупятся за 11,9 лет.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткое описание производственного участка

Модернизация проводится на опорах уличного освещения. Цель выпускной квалификационной работы - модернизация системы управления уличным освещением. Объектом работы является наружный светильник, цель – его замена на автономную систему освещения с солнечной панелью, светильником и аккумулятором, и таким образом, полное исключение подачи электроэнергии извне на светильник в целях экономии, а также повышение коэффициента готовности благодаря двустороннему управлению светом по принципу «или-или». Для диагностики неисправностей и замены комплектующих систем освещения, отведено место под производственный участок с необходимым для этого оборудованием, в частности ПЭВМ.

6.2 Анализ всех производственных и экологических опасностей

Изучение и обнаружение возможных факторов производственных несчастных случаев, тяжелых заболеваний, аварий, взрывов, пожаров, и разработка мероприятий и требований, направленных на устранение этих причин, которые позволяют создать безопасные и благоприятные условия для труда человека.

Работа персонала в частности будет напрямую связана с компьютером, соответственно с вредными факторами, что значительно снижает эффективность работы. В помещении для работы с ПЭВМ на персонал работающий за компьютером могут отрицательно функционировать следующие факторы:

а) физические факторы:

- светотехнические факторы (недостаточная освещенность рабочей зоны);
- бароакустические факторы (атмосферное давление, повышенный уровень шума);
- радиационные факторы (ионизирующие, тепловые и радиочастотные излучения);
- электромагнитные факторы (возможность поражения электрическим током, статическое электричество, повышенные уровни электромагнитных полей, ультрафиолетового излучения, ионизирующего излучения, повышенный уровень напряжения в электрической сети, атмосферное электричество);

б) психофизиологические факторы:

1) физические перегрузки:

- статические нагрузки;
- динамические нагрузки;
- гиподинамия;

2) нервно-эмоциональные нагрузки:

- умственное перенапряжение;
- переутомление;
- перенапряжение анализаторов (кожные, зрительные, слуховые и т.д.);

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

6.3 Нормы помещения для работы с ПЭВМ

С целью стандартной и высокопроизводительной работы в производственных помещениях следует, чтоб метеорологические требования (температура, влажность и скорость движения воздуха) были в конкретных пределах. Частые перемены микроклимата в помещениях с ПЭВМ вызываются повышением температуры работников помещений. Температуру в помещении рекомендуется корректировать в зависимости от времени года, количества тепловыделений и прочих факторов. Оптимальные нормы (ГОСТ 12.1.005 - 88) приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПЭВМ

Период года	Температура воздуха, °С не более		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с
	22	24	40	60	
Холодный	22	24	40	60	0,1
Теплый	23	25	40	60	0,1

Освещение в помещении является гибридным (естественным и искусственным). Освещенность поверхности рабочего стола находится в пределах 300-500 лк, а общая освещенность - не менее 400 лк.

Естественное освещение в помещении осуществляет в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) подходит по нормативным уровням по СНИП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

При выполнении основной работы уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

6.4 Требования охраны труда при работе на анализируемом оборудовании

Основными факторами поражения работника электрическим током в трудовой зоне считаются касание к железным нетоковедущим частям системного блока ПЭВМ, которые способны быть под напряжением. Вследствие повреждения изоляции и запрещенное применение электрических устройств, например, таких как электрические плиты, чайники, обогреватели.

Основным организационным событием считается инструктаж сотрудника и подготовка к безопасным технологиям работы, а также контроль законов нормативно-технических документов (правил и инструкций согласно технической эксплуатации, пожарной безопасности) согласовании с занимаемой должностью согласно к исполняемого труда.

При проведении незапланированного и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия:

- отключение компьютера от сети;
- проверка отсутствия напряжения.

После исполнения этих операций возможно осуществлять восстановление поврежденного оборудования. Персонал, выполняющий восстановление, обязан обладать как минимум вторую категорию по электробезопасности.

Требования, предъявляемые к электрическому оборудованию, зависят от помещения, в котором оно эксплуатируется. Помещение, в котором функционирует пользователь ПЭВМ, относится к 1 классу, то есть данное помещение без повышенной опасности: сухое (относительная влажность воздуха до 60%), беспыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и небольшим количеством заземленных устройств.

ПЭВМ считается электрическим механизмом с напряжением питания 220/380В трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью. Так как все токоведущие части ПЭВМ изолированы, то случайное касание к токоведущим частям исключается.

С целью обеспечения защиты от поражения электрическим током касание к железным нетоковедущим частям системного блока ПЭВМ, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции используется защитное заземление и зануление.

Заземление корпуса ПЭВМ гарантировано подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопrotивление заземления 4 Ом, согласно для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Электропитание трудового участка обязано быть подключено через рубильник, установленный в месте, удобном для быстрого отключения питания рабочего места, а также должны быть предприняты меры для обесточивания рабочего места в аварийных режимах. Можно поставить автоматический выключатель с защитой от кратковременного замыкания.

При касании к определенным из элементов ПЭВМ появляются разрядные токи статического электричества. Такие разряды не представляют прямой угрозы для пользователя ПЭВМ, но приводят к малоприятным ощущениям в виде удара или толчка. Для снижения возникающих зарядов статического электричества в помещении покрытие пола выполняется из антистатического покрытия. Пользователю ПЭВМ не стоит одевать одежду из синтетических материалов. К общим мерам защиты от статического электричества возможно отнести общее и местное увлажнение воздуха (до 50%) и ионизацию воздуха.

Для обеспечения подходящей трудоспособности и сохранения здоровья пользователя ПЭВМ в течение рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы. В течение смены регламентированные перерывы следует устанавливать через 1,5 – 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы. Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час.

6.5 Производственная санитария

6.5.1 Определение категории тяжести труда при работе с ПЭВК

Работа большинства сотрудников связана с умственным трудом. Работа относится к 1 категории и не требуют систематического мышечного напряжения .

6.5.2 Требования к помещению для эксплуатации ПЭВМ

Помещение с ПЭВМ должно быть оснащено аптечкой первой помощи и в нем ежедневно должна проводиться влажная уборка.

Площадь на одно рабочее место пользователя ПЭВМ с видеодисплейным терминалом на базе электронно-лучевой трубки должна составлять не менее 6 м², а с видеодисплейным терминалом на базе плоских дискретных экранов (плазменные, жидкокристаллические) – 4,5 м².

Помещение с ПЭВМ должно оборудоваться системой отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Минимальный расход воздуха определяется из расчета 50 – 60 м³ на одного работающего. Условия по воздухообмену (за 1 час) – двух-трех кратный.

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещения с ПЭВМ, должны быть разрешены для применения органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Поверхность пола в помещении эксплуатации ПЭВМ должна быть ровной, без выбоин, не скользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами.

6.5.3 Требования к организации и оборудованию рабочего места

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать /10/: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также – расстоянию спинки от переднего края сиденья. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, поверхность подставки должна быть рифленой.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Схемы размещения рабочих мест ПЭВМ должны учитывать расстояния между рабочими столами с мониторами, которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

6.5.4 Требования к персональным электронно-вычислительным машинам

Все ПЭВМ должны иметь гигиенический сертификат, включающий, в том числе оценку визуальных параметров.

Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана /10/. Корпус монитора и ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом отражения 0,4 – 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики [32].

В целях обеспечения защиты от электромагнитных и электростатических полей допускается применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

В таблице 6.2 представлены параметры допустимых значений электромагнитных излучений.

Таблица 6.2 – Предельно допустимые значения электромагнитного излучения

Наименование параметров		Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см от видеомонитора		10 В/м
Напряженность электромагнитного поля по магнитной составляющей на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора		0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать		20 кВ/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более:	– в диапазоне частот от 2 – до 400 кГц	25 В/м
	– в диапазоне частот от 5 Гц – до 2 кГц;	2,5 В/м

При работе на персональном компьютере наиболее тяжелая ситуация связана с полями излучений очень низких частот, которые способны вызывать биологические эффекты при воздействии на живые организмы. Поэтому для защиты от

этого вида излучений применяются видеоадаптеры с высоким разрешением и частотой обновления экрана не ниже 80–82 Гц.

Конструкция клавиатуры должна предусматривать опорное приспособление, позволяющее изменять угол наклона поверхности клавиатуры в пределах от 5 до 15 градусов.

6.5.5 Выбор и расчет системы освещения

Рекомендуется размещение окон с одной стороны рабочего помещения, желательно с северной или северо-восточной. На окнах следует установить жалюзи с вертикальными ламелями. Желательно размещение мониторов подальше от окон и таким образом, чтобы их экраны были перпендикулярны к поверхности окон.

Искусственное освещение в помещении для работы с ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана ПЭВМ. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные или безопасные для зрения светодиодные лампы с коэффициентом пульсации не более 5% . Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении ПЭВМ. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Проведем расчет искусственного освещения. Для освещения помещения для работы с ПЭВМ с размерами 10 на 15 метров и высотой 3 метра выбираем потолочные светильники типа УСП-35 с двумя люминесцентными лампами. Коэффициент отражения светового потока от потолка, стены и пола, соответственно:

$$q_{\text{от}} = 70\%; q_{\text{с}} = 50\%; q_{\text{пол}} = 30\%.$$

Уровень рабочей поверхности над полом h_p составляет 0,725 м. Тогда расстояние от потолка до рабочей поверхности h , м

$$h = H - h_p, \quad (6.1)$$

где $H = 3$ – высота помещения для работы с ПЭВМ от пола до потолка, м.

$$h = 3 - 0,725 = 2,275 \text{ м.}$$

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

У светильников УСП наиболее выгодное отношение $\varepsilon = 1,4$. Отсюда расстояние между рядами светильников вдоль длинной стены L , м

$$L = \varepsilon \cdot h; \quad (6.2)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,275 = 3,185 \text{ м.}$$

Число рядов светильников n

$$n = \frac{B}{L}, \quad (6.3)$$

где $B = 15$ – длина помещения для работы с ПЭВМ, м.

$$n = \frac{15}{3,185} = 4,7.$$

Число рядов светильников n принимается равным 4.

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников l , м

$$l = (0,3 \dots 0,5)L;$$
$$l = 0,96 \dots 1,59.$$

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников l принимается равным 1,13 м.

Индекс помещения i

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (6.4)$$

где $A = 10$ – ширина помещения для работы с ПЭВМ, м.

$$i = \frac{10 \cdot 15}{2,275 \cdot (10 + 15)} = 2,64.$$

Световой поток, излучаемый светильником $\Phi_{\text{св}}$, лм

$$\Phi_{\text{св}} = 2 \cdot \Phi_{\text{л}}, \quad (6.5)$$

где $\Phi_{\text{л}} = 3120$ – номинальный световой поток для лампы, лм.

$$\Phi_{\text{св}} = 2 \cdot 3120 = 6240 \text{ лм.}$$

Необходимое число светильников N

$$N = \frac{E_n \cdot k_3 \cdot A \cdot B \cdot Z}{n \cdot \Phi_{cb} \cdot \eta}, \quad (6.6)$$

где $E_n = 400$ – норма освещенности для работы с ПЭВМ, лк;

$k_3 = 1,4$ – коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения;

$Z = 1,1$ – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, выбирается для люминесцентных ламп;

$\eta = 0,45$ – коэффициент использования светового потока светильника.

$$N = \frac{400 \cdot 1,4 \cdot 150 \cdot 1,1}{4 \cdot 6240 \cdot 0,45} \approx 8$$

Таким образом, для работы с ПЭВМ устанавливаются 8 светильников в сплошной ряд.

6.5.6 Выбор системы вентиляции

В помещении для работы с ПЭВМ достаточно естественной вентиляции помещения, так как имеются окна, и отсутствует выделение вредных веществ.

В помещении для работы с ПЭВМ предусмотрены открывающиеся части окон для удаления воздуха из помещения в нерабочее время.

При естественной вентиляции воздух поступает в помещение для работы с ПЭВМ и удаляется из него вследствие разности температур, а, следовательно, и плотностей наружного и внутреннего воздуха, а также под воздействием ветра. Неорганизованная естественная вентиляция осуществляется инфильтрацией и эксфильтрацией воздуха через неплотности в окнах и дверях.

При естественной вытяжной вентиляции окна играют роль приточных устройств. С одной стороны, малая воздухопроницаемость окон приводит к нежелательному сокращению воздухообмена, а с другой – к экономии теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха. При недостаточной инфильтрации вентиляция осуществляется через открытые форточки.

При применении окон с высокими звуко- и теплозащитными свойствами естественного воздухообмена, обусловленного щелями и неплотностями, недостаточно для обеспечения здорового микроклимата в помещении. Тогда возможно применение приточно-вытяжных систем механической вентиляции помещения для работы с ПЭВМ [23].

6.5.7 Требования к уровням шума на рабочем месте

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Источниками шума являются сами ПЭВМ (встроенные в стойки ПЭВМ вентиляторы).

Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормированные, должно находиться вне помещения с ПЭВМ.

Снизить уровень шума в помещении с ПЭВМ можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 – 8000 Гц для отделки помещений (разрешенных органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России), подтвержденных специальными акустическими расчетами.

6.5.8 Требования к организации режима труда и отдыха при работе с ПЭВМ

Режимы труда и отдыха при работе с ПЭВМ должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Пользователь ПЭВМ относится по виду трудовой деятельности к группе В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. Для группы В пользователь относится к III категории тяжести и напряженности работы с ПЭВМ, которая определяется по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

Во время перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития позотонического утомления целесообразно выполнять оздоровляющие комплексы упражнений, которые помогут предотвратить нежелательные проблемы с организмом из-за длительного сидячего положения.

С целью уменьшения отрицательного влияния монотонии целесообразно применять чередование операций осмысленного текста и числовых данных, чередование редактирования текстов и ввода данных (изменение содержания работы).

6.6 Эргономика и производственная эстетика

Требования эргономики предусматривают правильную организацию помещения участка и рабочих мест. Столы и шкафы стоят вплотную к стенам так, что в центре остается большой проход. Рабочие столы имеют дополнительные полки, на которые устанавливаются контрольно-измерительные приборы. Такое расположение обеспечивает хороший доступ к органам управления и средствам отображения информации.

Под столом находится тумба с ящиками для хранения инструмента. Для уменьшения зрительного утомления и обеспечения равномерного освещения рабочих мест, стены выкрашены в бледно - розовый цвет. Над розетками и рубильником красной краской обозначены напряжения. На окнах висят светлые шторы от прямых солнечных лучей.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

В таблице 6.3 представлены визуальные эргономические параметры и пределы их изменения.

Таблица 6.3 – Визуальные эргономические параметры

Наименование параметров	Пределы значений параметров	
	минимально (не менее)	максимально (не более)
Яркость знака (яркость фона), кд/м ²	35	120
Внешняя освещенность экрана, лк	100	250
Угловой размер знака, угл. мин.	16	60

6.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе с ПЭВМ

Помещение для работы с ПЭВМ относится к категории производства Д, категория помещения П.

Пожары в помещении для работы с ПЭВМ представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Характерная особенность помещений для работы с ПЭВМ – небольшая площадь. Как известно, пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ и окислителя при наличии источников зажигания. В помещениях для работы с ПЭВМ присутствуют все три основных компонента, необходимых для возникновения пожара. Горючими компонентами являются строительные материалы акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, изоляция силовых сигнальных кабелей, обмотки радиотехнических деталей, панели, стойки, шкафы и прочее.

Источниками зажигания в помещении для работы с ПЭВМ могут оказаться электронные схемы ЭВМ, приборы, применяемые для технологического обслуживания ЭВМ, устройства питания, где в результате различных нарушений могут образоваться перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих элементов.

При работе устройств типа ввода – вывода используются носители информации на бумажной основе, образующие большое количество бумажной пыли. Пыль, оседая на печатных платах, микросхемах и других элементах электронных схем, заметно снижает их теплоотдачу, вызывая нагревание устройств ЭВМ, что в конечном итоге может привести к возгоранию.

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и система противопожарной защиты, включая организационно – технические мероприятия.

Предотвращение пожара достигается следующими мероприятиями:

- установкой вентиляторов на платы компьютера;
- не оставлять без присмотра работающий компьютер;
- не допускать попадание внутрь компьютера и периферии посторонних предметов, жидкостей и сыпучих веществ;
- не допускать перегибов, передавливания и натяжения питающих кабелей;

- не устанавливать компьютер вблизи источников тепла;
- не закрывать вентиляционных отверстий компьютера и периферии;
- установка пожарной сигнализации.

В зданиях университета для ликвидации пожаров пожарные краны устанавливают в коридорах, на площадках лестничных клеток, у входов, т.е. доступных и заметных местах. Также применяют огнетушители типа ОУ – 5. Также используют сухой песок.

Мероприятия по предотвращению взрывов проводить не нужно, так как в этом отсутствует необходимость.

6.8 Экологическая безопасность

При работе с ПЭВМ выбросов вредных веществ в атмосферу не происходит. В гидросферу происходит сброс воды, которая используется для сантехнических нужд. Литосфера загрязняется комплектующими от ЭВМ, радиодеталиями от УНУ.

Очистка воды происходит на городских очистных сооружениях. Отходы, получаемые при эксплуатации УНУ и ЭВМ, вывозятся на свалку и перерабатываются специализированными организациями.

6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Для ликвидации производственных аварий и последствий стихийных бедствий в первую очередь привлекаются специальные подразделения (пожарные, врачи, спасатели). В случае необходимости могут привлекаться и формирования гражданской обороны, которые организуются в каждом производственном подразделении.

При чрезвычайной ситуации может потеряться программное обеспечение, важная информация, хранимая на винчестерах компьютерной сети. Чтобы уменьшить ущерб в результате чрезвычайных ситуаций необходимо провести мероприятия, повышающие устойчивость работы объектов.

Ответственным, за оповещение людей, находящихся в помещении для работы с ПЭВМ и их эвакуацию при поступлении информации о чрезвычайной ситуации, является сотрудник, начальник или его заместитель. В целях оказания помощи пострадавшим лицам, в помещении для работы с ПЭВМ находится аптечка со средствами первой помощи. При наличии сигнала тревоги необходимо отключить оборудование, свет, чтобы не допустить аварийных ситуаций при коротком замыкании или обрыве токоведущих частей. При выходе из помещения для работы с ПЭВМ необходимо проверить отсутствие там людей, после чего закрыть дверь с целью исключения проникновения посторонних лиц. Далее необходимо покинуть помещение согласно планам эвакуации, которые находятся на каждом этаже здания.

Во время проведения экспериментов при первых признаках аварийной ситуации (появление дыма, запаха) следует отключить устройство от питающей сети и далее действовать так, как предписывают правила в данной ситуации.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

6.10 Техника безопасности при установке опор

В частности, во время монтажа автономной системы освещения, потребуется установка железобетонных опор.

Решающим условием безопасной работы при монтаже опор является исправное состояние такелажа. Все подъемные механизмы (лебедки, блоки, полиспасты и т. п.) должны быть зарегистрированы в журналах, где записывают их ежегодные осмотры и испытания. Пометки о произведенном очередном испытании делают несмываемой краской или кернением.

До начала работ весь такелаж независимо от даты последних испытаний проверяют: в первую очередь устанавливают отсутствие трещин у крюков блоков, неработоспособность осей роликов, целостность повива тросов и прядей канатов.

При любых неисправностях элементов такелаж нельзя использовать для работы.

Перед началом подъема проверяют надежность закрепления тормозных тросов и расчалок, прочность крепления тяговых тросов к опорам, подъемных тросов к автокранам и тракторам.

Особенно тщательно проверяют исправность стрел и надежность их установки. Для более равномерного распределения давления на грунт под ноги стрел подкладывают доски или бревна.

Во время подъема опоры никто из работающих не должен находиться непосредственно под опорой, действующими тросами или в котловане, а также в районе возможного падения опоры или стрелы. Все рабочие должны быть расставлены по рабочим местам и находиться в поле зрения бригадира.

Опора после подъема должна быть немедленно закреплена» Около опор, временно закрепленных расчалками, ставят охрану.

Влезать на опору разрешается только после полного ее закрепления. Во время работы на опоре под ней не должен никто находиться, чтобы избежать несчастного случая в результате падения инструментов, деталей такелажа и др..

6.11 Монтаж проводов и тросов

Провода и тросы доставляют к месту монтажа на автомобилях, гужевым транспортом или трактором на прицепах. При погрузке, перевозке и выгрузке барабанов с проводами и тросами необходимо принять меры, исключающие возможность их повреждения.

При эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛ) должны производиться техническое обслуживание и ремонт, направленные на обеспечение их надежной работы.

При выдаче задания на проектирование ВЛ, сооружаемых и подлежащих техническому перевооружению, реконструкции и модернизации, АО-энерго и организации, эксплуатирующие электрические сети, должны предоставлять проектным организациям имеющиеся данные о фактических условиях в зоне проектируемой ВЛ (фактические данные по гололеду и ветру, по загрязнению атмосферы

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

на трассе ВЛ, по отказам ВЛ и их элементов и другие данные, характеризующие местные условия) и требовать их учета в проектной документации.

При сооружении, техническом перевооружении, реконструкции и модернизации ВЛ, выполняемых подрядной организацией и подлежащих сдаче в эксплуатацию организации, эксплуатирующей электрические сети, последней должны быть организованы технический надзор за производством работ, проверка выполненных работ на соответствие утвержденной технической документации.

Приемка в эксплуатацию ВЛ организацией, эксплуатирующей электрические сети (АО-энерго), должна производиться в соответствии со СНиП 3.01.04-87 и действующими правилами приемки в эксплуатацию законченных строительством линий электропередачи.

При техническом обслуживании должны производиться работы по предохранению элементов ВЛ от преждевременного износа путем устранения повреждений и неисправностей, выявленных при осмотрах, проверках и измерениях. При капитальном ремонте ВЛ должен быть выполнен комплекс мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных характеристик ВЛ в целом или отдельных ее элементов путем ремонта деталей и элементов или замены их новыми, повышающими их надежность и улучшающими эксплуатационные характеристики линии. Перечень работ, которые должны выполняться на ВЛ при техническом обслуживании, ремонте и техническом перевооружении, приведен в типовых инструкциях по эксплуатации ВЛ.

Техническое обслуживание и ремонтные работы должны быть организованы, как правило, комплексно путем проведения всех необходимых работ с максимально возможным сокращением продолжительности отключения ВЛ. Они могут производиться с отключением линии, одной фазы (пофазный ремонт) и без снятия напряжения.

Техническое обслуживание и ремонт ВЛ должны выполняться с использованием специальных машин, механизмов, транспортных средств, такелажа, оснастки, инструмента и приспособлений.

Средства механизации должны быть укомплектованы в соответствии с нормами и размещены на ремонтно-производственных базах (РПБ) предприятий и их подразделений.

Бригады, выполняющие работы на ВЛ, должны быть оснащены средствами связи с РПБ и диспетчерскими пунктами.

При эксплуатации ВЛ должны строго соблюдаться правила охраны электрических сетей и контролироваться их выполнение.

Организация, эксплуатирующая электрические сети, должна информировать предприятия и организации, находящиеся в районе прохождения ВЛ, о требованиях указанных правил.

Антикоррозионное покрытие неоцинкованных металлических опор и металлических деталей железобетонных и деревянных опор, а также стальных тросов и оттяжек опор должно восстанавливаться по мере необходимости по распоряжению технического руководителя энергообъекта.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Трасса ВЛ должна периодически расчищаться от кустарников и деревьев и содержаться в безопасном в пожарном отношении состоянии; должна поддерживаться установленная ширина просек и производиться обрезка деревьев. Отдельные деревья, растущие вне просеки и угрожающие падением на провода или опоры ВЛ, должны быть вырублены с последующим уведомлением об этом организации, в ведении которой находятся насаждения, и оформлением лесорубочных билетов (ордеров).

На участках ВЛ, подверженных интенсивному загрязнению, должна применяться специальная или усиленная изоляция и при необходимости выполняться чистка (обмывка) изоляции, замена загрязненных изоляторов. В зонах интенсивных загрязнений изоляции птицами и местах их массовых гнездований должны устанавливаться специальные устройства, исключающие возможность перекрытий, а также отпугивающие птиц и не угрожающие их жизни.

При эксплуатации ВЛ в пролетах пересечения действующей линии с другими ВЛ и линиями связи на каждом проводе или тросе пересекающей ВЛ допускается не более двух соединителей; количество соединений проводов и тросов на пересекаемой ВЛ не регламентируется.

Организации, эксплуатирующие электрические сети, должны содержать в исправном состоянии: сигнальные знаки на берегах в местах пересечения ВЛ с судоходной или сплавной рекой, озером, водохранилищем, каналом, установленные согласно "Уставу внутреннего водного транспорта" по согласованию с бассейновым управлением водного пути (управлением каналов); устройства светоограждения, установленные на опорах ВЛ в соответствии с требованиями "Правил маркировки и светоограждения высотных препятствий"; постоянные знаки, установленные на опорах в соответствии с проектом ВЛ и требованиями нормативно-технических документов.

Организация, эксплуатирующая электрические сети, должна следить за исправностью дорожных знаков ограничения габаритов, устанавливаемых на пересечениях ВЛ с автомобильными дорогами; дорожных знаков, устанавливаемых на пересечениях ВЛ 330 кВ и выше с автомобильными дорогами и запрещающих остановку транспорта в охранных зонах этих ВЛ. По представлению организаций, эксплуатирующих электрические сети, в ведении которых находятся ВЛ, установка и обслуживание указанных знаков производятся организациями, в ведении которых находятся автомобильные дороги.

При эксплуатации ВЛ должны быть организованы их периодические и внеочередные осмотры. График периодических осмотров должен быть утвержден техническим руководителем организации, эксплуатирующей электрические сети. Кроме того, не реже 1 раза в год инженерно-техническим персоналом должны производиться выборочные осмотры отдельных ВЛ (или их участков), а все ВЛ (участки), подлежащие капитальному ремонту, должны быть осмотрены полностью.

Верховые осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах и в дистанционных распорках на ВЛ напряжением 35 кВ и выше или их участках, имеющих срок службы 20 лет и более или проходящих в зонах интенсивного за-

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

грязнения, а также по открытой местности, должны производиться не реже 1 раза в 6 лет; на остальных ВЛ 35 кВ и выше (участках) не реже 1 раза в 12 лет. На ВЛ 0,38-20 кВ верховые осмотры должны производиться при необходимости.

Внеочередные осмотры ВЛ или их участков должны производиться: при образовании на проводах и тросах гололеда, при пляске проводов, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах, а также после стихийных бедствий; после автоматического отключения ВЛ релейной защитой.

На ВЛ должны выполняться следующие проверки и измерения: проверка состояния трассы ВЛ при проведении осмотров и измерения габаритов от проводов до поросли при необходимости; проверка загнивания деталей деревянных опор через 3-6 лет после ввода ВЛ в эксплуатацию, далее не реже 1 раза в 3 года, а также перед подъемом на опору или сменой деталей; проверка визуального состояния изоляторов и линейной арматуры при осмотрах, а также проверка электрической прочности подвесных тарельчатых фарфоровых изоляторов первый раз на 1-2-м, второй раз на 6-10-м годах после ввода ВЛ в эксплуатацию и далее с периодичностью, приведенной в "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ" в зависимости от уровня отбраковки и условий работы изоляторов на ВЛ; проверка состояния опор, проводов, тросов при проведении осмотров; проверка состояния болтовых соединений проводов ВЛ напряжением 35 кВ и выше путем электрических измерений не реже 1 раза в 6 лет; болтовые соединения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, подвергаются вскрытию, а затем ремонтируются или заменяются; проверка и подтяжка бандажей, болтовых соединений и гаек анкерных болтов не реже 1 раза в 6 лет; выборочная проверка состояния фундаментов и U-образных болтов на оттяжках со вскрытием грунта не реже 1 раза в 6 лет; проверка состояния железобетонных опор и приставок не реже 1 раза в 6 лет; проверка состояния антикоррозионного покрытия металлических опор и траверс, металлических подножников и анкеров оттяжек с выборочным вскрытием грунта не реже 1 раза в 6 лет; проверка тяжения в оттяжках опор не реже 1 раза в 6 лет; измерения сопротивления петли фаза-нуль на ВЛ напряжением до 1000 В при приемке в эксплуатацию, в дальнейшем при подключении новых потребителей и выполнении работ, вызывающих изменение этого сопротивления; проверка состояния опор, проводов, тросов, расстояний от проводов до поверхности земли и различных объектов, до пересекаемых сооружений при осмотрах ВЛ.

Неисправности, обнаруженные при осмотре ВЛ и производстве проверок и измерений, должны быть отмечены в эксплуатационной документации и в зависимости от их характера устранены в кратчайший срок или при проведении технического обслуживания, или капитального ремонта ВЛ.

Капитальный ремонт ВЛ должен выполняться по решению технического руководителя организации, эксплуатирующей электрические сети, на ВЛ с железобетонными и металлическими опорами не реже 1 раза в 12 лет, на ВЛ с деревянными опорами не реже 1 раза в 6 лет.

Конструктивные изменения опор и других элементов ВЛ, а также способа закрепления опор в грунте должны выполняться только при наличии технической

											Лист
											57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ						

документации и с разрешения технического руководителя организации, эксплуатирующей электрические сети.

Плановый ремонт, техническое перевооружение, реконструкция и модернизация ВЛ, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, должны производиться по согласованию с землепользователями и, как правило, в период, когда эти угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или когда возможно обеспечение сохранности этих культур.

Работы по предотвращению нарушений в работе ВЛ и ликвидации последствий таких нарушений могут производиться в любое время года без согласования с землепользователями, но с уведомлением их о проводимых работах.

После выполнения указанных работ организация, эксплуатирующая электрические сети, должна привести земельные угодья в состояние, пригодное для их использования по целевому назначению, а также возместить землепользователям убытки, причиненные при производстве работ.

Организации, эксплуатирующие ВЛ с совместной подвеской проводов, должны производить плановый ремонт в согласованные сроки. В аварийных случаях ремонтные работы должны производиться с предварительным уведомлением другой стороны (владельца линии или проводов).

На ВЛ напряжением выше 1000 В, подверженных интенсивному гололедообразованию, должна осуществляться плавка гололеда электрическим током.

Организация, эксплуатирующая электрические сети, должна контролировать процесс гололедообразования на ВЛ и обеспечивать своевременное включение схем плавки гололеда; ВЛ, на которых производится плавка гололеда, должны быть, как правило, оснащены устройствами автоматического контроля и сигнализации гололедообразования и процесса плавки, а также закорачивающими коммутационными аппаратами.

Для дистанционного определения мест повреждения ВЛ напряжением 110 кВ и выше, а также мест междуфазовых замыканий на ВЛ 6-35 кВ должны быть установлены специальные приборы. На ВЛ напряжением 6-35 кВ с отпайками должны быть установлены указатели поврежденного участка.

Организации, эксплуатирующие электрические сети, должны быть оснащены переносными приборами для определения мест замыкания на землю ВЛ 6-35 кВ.

В целях своевременной ликвидации аварийных повреждений на ВЛ в организациях, эксплуатирующих электрические сети (в АО-энерго), должен храниться аварийный запас материалов и деталей согласно установленным нормам.

6.11.1 Габариты, пересечения и сближения

Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м. Оно может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной (склоны гор, скалы, утесы) - до 1 м.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛ к вводам в здания расстояния от проводов до тротуаров пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м.

Расстояние от проводов и изолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводу должно быть не менее 2,5 м.

Расстояние от неизолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводам должно быть не менее 2,75 м.

Расстояние от проводов ВЛ в населенной и ненаселенной местности при наибольшей стреле провеса проводов до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы) - до 1 м.

Расстояние по горизонтали от проводов при наибольшем их отклонении до элементов зданий и сооружений должно быть не менее:

1,0 м - до балконов, террас и окон;

0,2 м - до глухих стен зданий, сооружений.

Допускается прохождение ВЛ с изолированными проводами над крышами зданий и сооружениями (кроме оговоренных в гл.7.3 и 7.4), при этом расстояние от них до проводов по вертикали должно быть не менее 2,5 м.

Расстояние по горизонтали от проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до зданий и сооружений должно быть не менее:

1,5 м - до балконов, террас и окон;

1,0 м - до глухих стен.

Прохождение ВЛ с неизолированными проводами над зданиями и сооружениями не допускается.

На опорах ВЛ на высоте 2,5 — 3,0 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

порядковый номер — на всех опорах;

номер ВЛ или ее условное обозначение — на концевых опорах, первых опорах ответвлений от линии, на опорах в месте пересечения линий одного напряжения, на опорах, ограничивающих пролет пересечения с железными дорогами и автомобильными дорогами I — V категорий, а также на всех опорах участков трассы с параллельно идущими линиями, если расстояние между их осями — менее 200 м. На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

расцветка фаз — на ВЛ 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;

предупреждающие плакаты — на всех опорах ВЛ в населенной местности;

плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи, — на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи.

В соответствии с «Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий» на приаэродромных территориях и воздушных трассах в целях обеспечения безопасности полетов самолетов опоры ВЛ, которые по своему рас-

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

положению или высоте представляют аэродромные или линейные препятствия для полетов самолетов, должны иметь сигнальное освещение (светоограждение) и дневную маркировку (окраску).

Для целей дневной маркировки опоры со световым ограждением должны быть окрашены в два цвета — красный (оранжевый) и белый - полосами шириной до 6 м в зависимости от высоты опоры. Число полос должно быть не менее трех, причем первую и последнюю полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет.

Выводы по разделу шесть

Произведен анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены меры по охране труда и определены требования производственной санитарии. Рассмотрены вопросы экологической безопасности и обеспечения безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций, а также рассмотрена противопожарная и взрывобезопасность при работе с персональной электронно-вычислительной машиной.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отечественная продукция не уступает по основным качественным показателям продукции мировых производителей. При этом в России она обеспечена существенно лучшим сопровождением.

Современное электрооборудование ведущих российских производителей по техническим характеристикам не уступает аналогичным изделиям мировых лидеров, лучше приспособлено к российским условиям и имеет более качественную поддержку. Сохраняющаяся разница в ценах позволяет создавать лучшее качество при меньшей стоимости.

Предпочтение импортному электрооборудованию отдается преимущественно благодаря неудачным бытовым аналогиям и устаревшим представлениям об уровне отечественной промышленной техники.

Рассмотрены особенности отдельных элементов системы освещения.

Определены типы фотоэлементов в рассмотренных ранее автономных системах освещения.

В случае использования светодиодного светильника, его яркостью можно свободно регулировать за счет установленного на борту системы освещения блока широтно-импульсной модуляции.

В климатических условиях Златоуста аккумуляторные батареи будут работать в штатном режиме без необходимости дополнительной модернизации системы освещения.

Рассчитана необходимая емкость аккумуляторной батареи $Q=177$ А·ч для работы в наихудших условиях.

Выбрана автономная система освещения SL-50-400/200 от компании ООО «Сан Шайнс».

Реализованы мониторинг данных согласно теоретического задания на мониторинг, комплексный алгоритм включения-выключения светильника контроллером, а также алгоритм автоматической регулировки яркости.

Стоимость оборудования составила 1697500 рублей.

В результате модернизации системы управления уличным освещением получится годовой экономический эффект в сумме 156350 рублей, при этом затраты окупятся за 11,9 лет.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Андреев, С.В. Солнечные электростанции / С.В. Андреев, И.Н. Паламарь. — Москва, МВВО АТН РФ, 2002. — 206.с.
- 2 Рубан, С.С. Нетрадиционные источники энергии / С.С Рубан. — Донецк, 2010. 54с.
- 3 ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы
- 4 ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров.
- 5 ГОСТ Р 55707-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров.
- 6 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимат производственных помещений.
- 7 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 8 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 9 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
- 10 СН 2.2.4/2.1.8.583-96 Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.
- 11 СН 2.2.4/2.1.8.582-96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.
- 12 ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
- 13 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.
- 14 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
- 15 Правила устройства электроустановок (Издание седьмое). Госэнергонадзор Минэнерго России, 2003 г.
- 16 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 17 ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
- 18 Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны.
- 19 Охрана труда работников организаций. Совместное постановление Министерства труда и социального развития РФ № 1 и Министерства образования от 13.01.2003 № 29.
- 20 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России, Энергосервис. 2003 г.
- 21 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

- 22 НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 23 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 24 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

					13.03.02.2020.356.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63