

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шаронов Т.В.

Должность: Ректор

Дата подписания: 07.08.2023 15:36:47

Уникальный программный ключ:

4c46f2d9dda3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Чувашский государственный аграрный университет»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра «Механизация, электрификация и автоматизация
сельскохозяйственного производства»**



Шаронова Т.В., Мардарьев С.Н., Белов Е.Л.

**Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой
работы по дисциплине
«Светотехника»**

**Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки
35.03.06 – Агроинженерия профиля Электрооборудование и электротехнологии**

Чебоксары 2023

УДК 621.3: 013:656(076)
ББК 22.334
Ш-77

Составители: Шаронова Т.В., Мардарьев С.Н., Белов Е.Л.

Рецензенты: доцент кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», к.т.н., доцент Новиков А.М.; доцент кафедры машиноведения ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», к.т.н., доцент Тончева Н.Н.

Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Светотехника» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия профиля Электрооборудование и электротехнологии / Т.В. Шаронова, С.Н. Мардарьев, Е.Л. Белов. - Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2023. – 82 с.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (протокол № 8 от «20» апреля 2023 г.)

© Шаронова Т.В., Мардарьев С.Н., Белов Е.Л., 2023
© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Структура, содержание и объем курсовой работы	5
1.1. Общие требования к оформлению	6
1.2. Варианты задания на курсовую работу	6
2. Светотехническая часть работы	9
2.1. Выбор источника света	9
2.2. Выбор вида и системы освещения	9
2.3. Выбор нормируемой освещённости	14
2.4. Выбор коэффициента запаса и добавочной освещенности	14
2.5. Выбор светового прибора	15
2.6. Размещение световых приборов	17
2.7. Требования к креплениям светильников	22
2.8. Определение мощности осветительной установки	23
2.9. Расчет наружного освещения	30
3. Электротехническая часть проекта	33
3.1. Выбор напряжения и источников питания	33
3.2. Выбор мест ввода и установки щитков	33
3.3. Компоновка осветительной сети	34
3.4. Выбор марки провода и способа прокладки	35
3.5. Расчет площади сечения проводов осветительной сети	35
3.6. Выбор щитков, коммутационной и защитной аппаратуры	37
3.7. Рекомендации по монтажу и мероприятия по ТБ	38
3.8. Спецификация	39
4. Оформление курсовой работы	39
5. Пример оформления курсовой работы	40
Приложение	56
Список литературы	80

Введение

Итоговым этапом изучения дисциплины «Светотехника» является выполнение курсовой работы.

Курсовая работа ставит своей целью:

- закрепить и систематизировать теоретические знания по электрическому освещению, применяемым источникам света и светотехническому оборудованию в помещениях сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений;
- привить студентам навыки самостоятельного решения инженерных задач по расчету осветительных установок и рациональному применению светотехнического оборудования в сельскохозяйственном производстве;
- подготовить студентов к решению более сложных задач, которые предстоит решать при подготовке выпускной квалификационной работы.

Поставленная цель достигается на примере проектирования общего освещения здания сельскохозяйственного назначения, включающее решение следующих задач:

- 1) определение общестроительных и технологических параметров объекта проектирования, условий окружающей среды в помещениях;
- 2) выбор источников света, системы и вида освещения, освещенности и коэффициента запаса, обоснование типа осветительных приборов;
- 3) расчет по размещению осветительных приборов в осветительном пространстве и определению мощности или количества источников света, устанавливаемых в осветительных приборах;
- 4) выбор напряжения и схемы питания осветительной установки, марки проводов (кабелей) и способов прокладки электрической сети;
- 5) расчет сечения проводников и защиты сети от аварийных режимов;
- 6) разработку мероприятий по эксплуатации осветительной установки, энергосбережению, охране труда и технике безопасности, повышению коэффициента мощности осветительной установки.

Важной задачей курсовой работы является приобщение студентов к изучению специальной литературы и руководящих материалов по проектированию, овладению современными компьютерными программами по проведению светотехнических расчетов, приобретению навыков работы с ними, что должно быть продемонстрировано в выполненной студентами работе.

Каждый студент получает от преподавателя индивидуальное задание и согласно учебно-методическому пособию, разрабатывает проект освещения помещений.

В выданное задание входят названия помещений с размерами. При выполнении данной работы студент должен использовать не только рекомендуемую в пособии литературу, но и обращаться к справочной, нормативной, а также рассмотреть типовые проекты.

1. Структура, содержание и объём курсовой работы

Курсовая работа по электрическому освещению состоит из двух частей: светотехнической и электротехнической.

Светотехническая часть содержит: выбор типа источников света, нормированной освещённости, вида и системы освещения, типа светильников, коэффициентов запаса и добавочной освещённости; расчет размещения светильников (определение высоты и места подвеса, расстояния от стен и между светильниками, числа светильников), светового потока лампы и выбор её по каталогу.

Световой поток лампы определяют следующими методами: точечным, коэффициента использования светового потока и удельной мощности. В пояснительной записке проводят подробный расчет по одному помещению на каждый метод и результаты расчетов по помещениям заносят в светотехническую ведомость.

При выполнении данного раздела придерживаются следующей последовательности: исходя из назначения помещения и его размеров, с учетом существующих рекомендаций, выбирают источники света; систему и вид освещения; нормируемую освещённость E_n и коэффициент запаса K_z ; тип светового прибора; размещают светильники в освещаемом пространстве; рассчитывают мощность осветительной установки; проверяют фактическую освещённость в контрольных точках; составляют светотехническую ведомость (см. приложение).

Электротехническая часть проекта содержит: выбор мест расположения магистральных и групповых щитков, трассы сети и составление схемы питания и управления освещением, вида проводки и способа прокладки; расчет осветительной сети по допустимой потере напряжения с последующей проверкой сечения по предельно допустимому току и по механической прочности, защиты осветительной сети; рекомендации по монтажу осветительной установки; меры защиты от поражения электрическим током.

Решения отдельных вопросов светотехнической и электротехнической частей тесно связаны и их выполняют одновременно.

Проект оформляют в виде расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчётно-пояснительная записка содержит: задание на проектирование и краткую характеристику объекта, проектные решения и их обоснования по светотехнической части и светотехническую ведомость, проектные решения и их обоснования по электротехнической части, список использованной литературы.

Графическая часть работы содержит чертёж на одном листе формата А1, на котором должны быть изображены:

1) план и разрез объекта (рекомендуемые масштабы 1 : 200, 1 : 100 или 1 : 50) с указанием его основных размеров, контуров технологического оборудования, определяющего размещение светильников, и с нанесением светильников, розеток, выключателей, понижающих трансформаторов, осветительной сети рабочего, дежурного и аварийного освещения, питающих и групповых щитков и ввода в помещение.

Кроме того, на плане должны быть сделаны следующие надписи и обозначения: номера отдельных помещений; значения нормированной освещённости в каждом помещении; тип светильников и рядом дробь, в числителе которой указывают мощность лампы в светильнике и их число, а в знаменателе – высоту их подвеса над полом.

Каждая группа сети должна быть снабжена надписью, содержащий номер группы, марку провода, площадь его поперечного сечения и способ прокладки. У всех групповых и питающих щитков также должны быть соответствующие надписи вида 1 7,5 / 0,2 ОЩВ-6, в которой 1 – номер щитка по плану; 7,5 – установленная мощность осветительной установки, кВт; 0,2 – потеря напряжения до щитка, %; ОЩВ-6 – тип щитка и число отходящих от него групповых линий;

- 2) экспликация помещений объекта;
- 3) расчётная схема осветительной сети;
- 4) условные обозначения и надписи;
- 5) спецификация на оборудование и материалы.

1.1 Общие требования к оформлению

Курсовая работа состоит из расчётно-пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна состоять из 30-40 листов формата А4. Графическая часть состоит из одного листа А1.

В записке четко выделяются разделы, главы, пункты. Все таблицы и рисунки пояснительной записке нумеруются, на них делаются ссылки в тексте записки.

В записке должны быть приведены расчетные формулы, результаты расчёта и разъяснения всех величин, входящих в формулу. Все расчёты приводятся в системе СИ, формулы нумеруются, по тексту должны быть приведены ссылки на литературные источники.

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке.

Структура расчётно-пояснительной записки:

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовую работу.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Расчёт осветительной установки.
6. Светотехнический расчёт.
7. Электротехнический расчёт.
8. Правила техники безопасности.
9. Заключение.
10. Список использованной литературы.

1.2. Варианты заданий на курсовую работу

Вариант типового задания на курсовую работу определяется в соответствии с номером студента в списке группы. В случае планируемого выполнения студентом выпускной квалификационной работы по определенному объекту, может

выдаваться индивидуальное задание применительно данного помещения. Для этого студентом представляется необходимый графический материал (план помещений с размерами).

В таблице 1.1 и 1.2 приведено типовое задание на курсовую работу.

Таблица 1.1 - Назначение и план помещения в соответствии с вариантом задания.

Вариант (определяется по списку)	Назначение помещения по номеру на плане помещения		
	1	2	3
1	Склад семенного зерна	Весовое помещение	Приемное помещение
2	Котельная	Помещение для вентиляторов	Бытовое помещение
3	Электрощитовая	Бытовое помещение	Коридор
4	Трансформаторная	Площадка перед воротами	Помещение КИП
5	Аккумуляторная	Помещение для ремонта аккумуляторов	Складское помещение
6	Коридор	Сварочный участок	Кузнечный участок
7	Помещение резервуаров	Реагентное отделение	Помещение насосов
8	Кабинет ветврача	Манеж-приёмная	Кладовая для ветпрепаратов
9	Фуражная	Инвентарная	Секция для отёлов КРС
10	Стойловое помещение КРС	Моечная	Молочный блок

Таблица 1.2 – Размеры помещения в соответствии с вариантом задания

Вариант	Размеры помещения по номеру на плане		
	1	2	3
1	10x15x6	6x6x4	6x9x6
2	15x15x6	8x4x6	6x3x2
3	6x5x3	4x5x2,5	10x1,5x3
4	15x10x3,5	5x10x3	5x5x3
5	5x6x3,5	5x3x3,5	5x3x3,5

6	10,5x2x5	4,5x6x5	6x6x5
7	7x7x6	6x7x6	5x4x4
8	4,5x5x2,5	11x6,5x4,5	4x5x2,5
9	3x2x2,5	3x3x2,5	10x9x2,5
10	50x18x2,8	7x20x2,8	10x10x2,8
11	13x18x6	9x9x4	9x12x6
12	18x18x6	11x7x6	9x6x2
13	9x8x3	6x8x2,5	13x4,5x3
14	18x13x3,5	8x13x3,5	8x8x3
15	8x9x3,5	8x6x3,5	8x6x3,5
16	13,5x5x5	7,5x9x5	9x9x5
17	10x10x6	9x10x6	8x7x4
18	7,5x8x2,5	14x9,5x4,5	7x8x2,5
19	6x5x2,5	6x6x2,5	13x12x2,5
20	53x21x2,8	10x23x2,8	13x13x2,8
21	13x20x6	11x11x4	11x14x6
22	20x20x6	13x9x6	11x8x2
23	11x20x3	9x10x2,5	15x6,5x3
24	20x15x3,5	10x15x3,5	10x10x3
25	10x11x3,5	10x8x3,5	10x8x3,5
26	15,5x7x5	9,5x11x5	11x11x5
27	12x12x6	11x12x6	10x9x4
28	9,5x10x2,5	16x11,5x4,5	9x10x2,5
29	8x7x2,5	8x8x2,5	15x14x2,5
30	55x23x2,8	13x25x2,8	15x15x2,8

Студент самостоятельно решает, где разместить оконные и дверные проемы в помещении, обосновывая свои решения, что также способствует разнообразию вариантов задания.

Оформление курсовой работы осуществляется в соответствии с ЕСКД.

При проектировании освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений следует учитывать требования отраслевых норм освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений ОСН-АПК 2.10.24.001-04, СНиП 23-05-95* с изм. 2, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-ОЗ с изм. 1, ПУЭ, НПБ 105-95, НПБ 201-96, ППБ 01-03, ППБ 04-76, СП 11-107-98, НПБ 88-2001 и других строительных норм и норм технологического проектирования.

2. Светотехническая часть работы

Работу над проектом начинаем с вычерчивания плана и, при необходимости, разреза объекта в масштабе. Недостающие размеры помещений находят по масштабу исходного чертежа и указанным на нем данным. При проектировании осветительной установки реального объекта размеры определяют непосредственными измерениями.

Затем выполняют отдельные разделы проекта в последовательности.

2.1 Выбор источника света

В данный момент имеется большое многообразие ламп, используемых для освещения. Основными являются люминесцентные, но ещё используются лампы накаливания и большой оборот применения приобрели светодиодные.

Люминесцентные имеют высокую световую отдачу, значительный срок службы, более благоприятный спектральный состав. В спектре люминесцентных ламп преобладает сине-фиолетовые и желтые излучения. Недостаток красных лучей очень искажает цветопередачу. С этим же связан ещё один большой недостаток люминесцентных ламп, заключающийся в существенном повышении нижней границы зоны зрительного комфорта (когда освещение воспринимается как вполне достаточное). Так, если для установки с лампами накаливания эта граница находится на уровне освещённости 30...50 лк, то для установки с люминесцентными лампами белого света – на уровне 150...200 лк, а с лампами дневного света – 300...500 лк. Это явление, получившее название «сумеречного эффекта», указывает на нецелесообразность применения люминесцентных ламп и ламп ДРЛ для создания низких уровней освещённости – менее 50 лк. При более высоких уровнях освещённости предпочтение отдают люминесцентным лампам.

Наружное освещение следует выполнять при помощи ламп накаливания или ДРЛ. В некоторых случаях для освещения высоких помещений, можно использовать одновременно лампы накаливания и лампы ДРЛ, это улучшает цветопередачу.

2.2 Выбор вида и системы освещения

В практике проектирования осветительных установок используются две отличные друг от друга системы освещения. Первая система – система общего освещения – предназначена не только для освещения рабочих поверхностей, но и всего помещения в целом, в связи с чем светильники общего освещения обычно размещаются под потолком помещения на достаточно большом расстоянии от рабочих поверхностей.

В системе общего освещения принято различать два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. В системе общего равномерного освещения расстояние между светильниками в каждом ряду и расстояние между рядами выдерживаются неизменными. В системе общего локализованного освещения положение каждого светильника определяется соображениями выбора наиболее выгоднейшего направления светового потока.

Для электрического освещения следует, как правило, применять разрядные лампы низкого давления (например, люминесцентные), лампы высокого давления (например, металлогалогенные типа ДРИ, ДРИЗ. натриевые типа ДНаТ, ксеноновые типов ДКсТ, ДКсТЛ, ртутно-вольфрамовые. ртутные типа ДРЛ). В случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения разрядных ламп, а также для обеспечения архитектурно-художественных требований допускается предусматривать лампы накаливания. Применение для внутреннего освещения ксеноновых ламп типа ДКсТ (кроме ДКсТЛ) допускается с разрешения Госсанинспекции и при условии, что горизонтальная освещенность на уровнях, где возможно длительное пребывание людей, не превышает 150 лк, а места нахождения крановщиков экранированы от прямого света ламп.

При этом лампы высокого давления целесообразно применять в высоких помещениях, в помещениях средней высоты - лампы низкого давления. Лампы накаливания рекомендуется применять для освещения вспомогательных (санузлы, коридоры, лестницы, тамбуры и т.д.) и складских помещений.

При применении люминесцентных ламп в осветительных установках должны соблюдаться следующие условия для обычного исполнения светильников:

1. Температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5°C.

2. Напряжение у осветительных приборов должно быть не менее 90 % номинального.

Выбор источников света по цветовым характеристикам следует производить на основании приложения «Ж» СНиП 23-05-95 [15].

Для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными. Разрядные лампы высокого давления допускается использовать при обеспечении их мгновенного зажигания и перезажигания.

СНиП различают две системы освещения - общего (равномерного или локализованного) и комбинированного. При любой системе освещения допускаются отклонения расчётной освещенности от нормированной в любой точке поверхности не более чем на + 20... 10 %.

Одно общее освещение рекомендуется устраивать во всех животноводческих и других помещениях, где нормированная освещённость при лампах накаливания не превышает 50 лк, при люминесцентных лампах - 150 лк. При устройстве общего освещения предпочтение отдают локализованному, обеспечивающему повышенную освещенность в главных точках рабочей поверхности: кормовых и навозных проходах, кормушках, стеллажах, верстаках и т. д. При этом на других участках рабочей поверхности помещения освещённость должна быть не менее 75 % от средней.

Систему комбинированного освещения, общего и местного, рекомендуется применять тогда, когда необходимо создать на рабочих поверхностях освещенность, превышающую 75 лк при лампах накаливания и 150 лк при газоразрядных лампах. Светильники местного освещения устанавливают на рабочем месте (стол, станок, верстак, приборный щит) или применяют переносной светильник. Применение только местного освещения в помещениях недопустимо. Общее освещение в комбинированной системе рекомендуется выполнять газоразрядными лампами. При

этом общая освещенность должна составлять не менее 50 лк при лампах накаливания и 150 лк при газоразрядных лампах. В помещениях без естественного света освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна приниматься согласно СНиП 23-05-95 [15].

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды: рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения.

В сельскохозяйственных помещениях предусматривают следующие виды освещения: рабочее, технологическое, дежурное, аварийное, ремонтное.

Рабочее освещение должно обеспечивать нормированную освещенность во всех точках рабочей поверхности и иметь соответствующее качество, которое определяется отклонениями питающего напряжения, пульсацией светового потока, направлением и спектральным составом света, равномерностью освещения и др. Рабочее освещение включается только при выполнении персоналом работ в данном помещении. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения. Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения. Устройство рабочего освещения обязательно для всех помещений независимо от устройства в них других видов освещения [1].

Технологическое освещение выполняется теми же светильниками, что и рабочее освещение, и отличается режимом освещения (длительностью освещения и пауз). Включение и выключение технологического освещения производится по программе в зависимости от вида и возраста животных и птицы. Светильники технологического освещения располагаются в зоне обитания животных.

Дежурное освещение устраивается во всех животноводческих помещениях с целью периодического наблюдения за состоянием животных в нерабочее время и безопасности движения персонала в проходах и коридорах. Светильники дежурного освещения выделяются из числа светильников общего освещения. В помещениях, предназначенных для содержания животных, они должны составлять 10 %, а в родильных отделениях - 15 % от общего числа светильников рабочего освещения.

Светильники дежурного освещения обычно располагают равномерно по проходам животноводческих помещений. К дежурному освещению может относиться наружное освещение входов в помещения.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности предназначается для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Его следует предусматривать в случаях, когда отсутствие освещения и связанное с этим нарушение обслуживания механизмов и оборудования может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное расстройство технологического процесса.

Освещение безопасности необходимо также для вспомогательных объектов, обслуживающих производственные помещения, указанные выше, в которых недопустимо отсутствие освещения, если без нормального функционирования этих объектов нарушается работа в производственных помещениях, что может привести к указанным тяжелым последствиям. К числу таких вспомогательных объектов могут относиться помещения узлов связи, диспетчерских, насосных, установок электроснабжения, водоснабжения, теплофикации, вентиляции, кондиционирования воздуха и т. п.

Эвакуационное освещение предназначается для безопасной эвакуации людей из помещений и возможности ориентировки людей в помещениях при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, опасных для прохода людей, в проходных помещениях и на лестницах, служащих для эвакуации людей при числе эвакуируемых более 50 чел.; по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 чел.; в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, независимо от их числа, где выход людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования; в производственных помещениях без естественного света.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях, требующих обслуживания, наименьшую освещенность в размере 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк. При этом создавать освещенность более 30 лк при разрядных лампах и более 10 лк при лампах накаливания допускается только при наличии соответствующих обоснований. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц 0,5 лк. Неравномерность эвакуационного освещения (отношение максимальной освещенности к минимальной) должна быть не более 40:1.

Светильники освещения безопасности могут использоваться для эвакуационного освещения.

В вспомогательных зданиях промышленных предприятий выходы из помещений, где могут находиться одновременно более 100 чел., а также выходы из производственных помещений без естественного света, где могут находиться одновременно более 50 чел. или имеющие площадь более 150 м², должны быть отмечены указателями. Дополнительно должны быть отмечены указателями выходы

из коридоров и рекреаций, примыкающие к перечисленным выше. При этом указатели должны устанавливаться на расстоянии не более 25 м. друг от друга, а также в местах поворота коридора. Указатели выходов могут быть световыми со встроенными в них источниками света, присоединенными к сети эвакуационного освещения или освещения безопасности и не световыми (без источников света) при условии, что обозначение выхода (надпись, знак и т. п.) освещается светильниками эвакуационного освещения или освещения безопасности.

При технической целесообразности вместо устройства стационарного освещения безопасности и эвакуационного освещения допускается применение ручных светильников с автономными источниками питания (с аккумуляторными батареями или сухими элементами).

В случаях, когда общее рабочее освещение разделяется по питанию на две примерно равные части с чередованием питания светильников или их рядов от разных сетей и удовлетворением требований к освещению безопасности в отношении типа источников света, освещенности и источников питания, одна из этих частей может рассматриваться как освещение безопасности. При этом часть светильников, обеспечивающих освещенность, требуемую для эвакуационного освещения, рекомендуется выделять на питание отдельной сетью для создания минимальной освещенности в нерабочее время (дежурное освещение).

Светильники освещения безопасности и эвакуационного освещения рекомендуется по возможности выделять из числа светильников рабочего освещения. Самостоятельные дополнительные светильники освещения безопасности и эвакуационного освещения следует предусматривать в случаях:

- а) когда источники света, принятые для рабочего освещения, запрещены к применению для освещения безопасности и эвакуационного освещения;
- б) когда освещение безопасности и эвакуационное освещение питаются от источника ограниченной мощности;
- в) когда светильники освещения безопасности и эвакуационного освещения нормально не горят и включаются автоматически при аварийном отключении рабочего освещения;
- г) когда для освещения безопасности и эвакуационного освещения применяются светильники с автономными источниками питания;
- д) когда напряжение ламп рабочего освещения и освещения безопасности и эвакуационного освещения различны.

В помещениях, силовые электроустановки которых питаются по II категории надежности электроснабжения (по ПУЭ), а также в помещениях с круглосуточной работой, в которых светильники эвакуационного освещения выделены из числа светильников рабочего освещения, рекомендуется повышать освещенность, создаваемую эвакуационным освещением до значений, установленных для освещения безопасности. В частности, в крупных помещениях с круглосуточной работой в целях сокращения протяженности групповой сети рекомендуется, если это возможно по условиям питания, выделить для освещения безопасности и эвакуационного освещения целых рядов светильников общего освещения.

Освещение безопасности может выполняться в виде местного или локализованного освещения поверхностей, требующих обслуживания при

аварийном режиме, с устройством в этом случае в проходах эвакуационного освещения. Светильники освещения безопасности и эвакуационного освещения рекомендуется по возможности устанавливать в удалении от оконных проемов.

2.3 Выбор нормируемой освещенности

Освещенность нормируется в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для разрядных источников света, кроме оговоренных случаев; для наружного освещения - для любых источников света.

Нормированная освещенность – это наименьшая допустимая освещенность в «наихудших» точках рабочей поверхности перед очередной чисткой светильников. Значение этой освещенности устанавливают в зависимости от характера зрительной работы, размеров объекта различия, фона и контраста объекта с ним, вида и системы освещения, типа источника света. Все нормы освещенности приведены в отраслевых нормативах, справочной литературе и инструктивных материалах. При выборе нормативной освещенности необходимо иметь в виду, что при освещенности внутри помещений до 50 лк в качестве источников света следует использовать лампы накаливания, а свыше 50 лк – люминесцентные. При этом нормы освещенности для люминесцентного освещения в несколько раз превышают нормы для ламп накаливания [12].

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Нормируемая освещенность выбирается в зависимости от характеристики зрительных работ, наименьшего размера объекта различения, его контраста с фоном, характеристики фона и вида источника света. Величина нормируемой освещенности приведена в СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и в ОСН-АПК 2.10.24.001-04 «Отраслевые нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений». В приложении приведены нормируемые значения освещенности для наиболее типичных с.-х. объектов. При необходимости выполнения ОУ для, предположим, птицеводческого помещения (или другого), где требуется ритмично варьирующий, переменный или другой специальный режим освещения, следует пользоваться ОСН-АПК 2.10.24.001-04 для определения соответствующих норм и режима освещенности.

2.4 Выбор коэффициента запаса и добавочной освещенности

При эксплуатации осветительной установки освещенность на рабочих местах снижается из-за уменьшения светового потока ламп в результате их старения, загрязнения осветительной аппаратуры, ламп, стен и потолка освещаемого помещения.

Для того, чтобы освещенность не снизилась ниже нормируемого значения, на стадии проектирования ОУ вводят коэффициент запаса K_3 . Значение коэффициента запаса зависит от типа источника света, от конструкции светильников и

периодичности их чистки, от наличия пыли, дыма, копоти в рабочей зоне помещения. Для ламп накаливания $K_z = 1,15 \dots 1,7$, для газоразрядных- $1,3 \dots 2,1$. Для с.-х. помещений рекомендуется применять $K_z = 1,15$ для ламп накаливания и $K_z = 1,3$ для газоразрядных.

При расчёте освещённости в любой точке учитывают световые потоки только ближайших светильников. Для учета действия удалённых светильников и отражённых потоков в расчётной формуле используют коэффициент добавочной освещённости. Его значение зависит от коэффициентов отражения стен и потолка помещения и от светораспределения светильников, то есть от их типа. Значение коэффициента добавочной освещённости есть в справочной литературе.

2.5 Выбор светового прибора

Выбор световых приборов (СП) определяется характером окружающей среды, требованиями к светораспределению и ограничению слепящего действия, экономической целесообразностью и учетом их эксплуатационной группы. Кроме этого, следует учитывать дизайнерские решения оформления помещений. В курсовой работе светильники выбирают по трем критериям: конструктивному исполнению, светотехническим характеристикам и экономическим показателям.

Выбор СП по конструктивному исполнению

От конструктивного исполнения СП зависит их надежность и долговечность работы в данных условиях среды, безопасность в отношении пожара, взрыва и поражения электрическим током, способ установки, а также удобство обслуживания. При выборе СП в первую очередь необходимо иметь представление о категории помещения, в котором предполагается их эксплуатировать. Сельскохозяйственные помещения могут быть отнесены к сухим, влажным, сырым, особо сырым, жарким, пыльным, с химически активной средой, пожароопасным классом П-1, П-2, П-3, П-2а и взрывоопасным помещениям классов В-1, В-1а, В-1б, В-2, В-2а. Примерное распределение некоторых с.-х. помещений по категориям в зависимости от условий окружающей среды приведены в таблице П. 1.2.

При выборе СП необходимо учитывать, чтобы степень защиты светильников соответствовала характеру окружающей среды в помещении. В таблице П1.3 приведены рекомендации по минимально допустимой степени защиты светильников для различных категорий помещений и наружных осветительных установок. При выборе светильников, степени их защиты от воздействий окружающей среды следует принимать по ГОСТ 14254-80, а при выборе светильников для различных климатических районов необходимо руководствоваться также ГОСТ 15150-69.

При выборе светильников для помещений без пожароопасных и взрывоопасных зон следует учитывать, что степени защиты, установленные ГОСТ 14254-80, не определяют полностью эксплуатационные характеристики светильников в данных условиях среды. В свою очередь, последние имеют индивидуальные особенности, не поддающиеся классификационной оценке. Поэтому во всех возможных случаях наряду с требованиями настоящих норм выбор светильников следует также основывать на опыте их эксплуатации в аналогичных условиях, на отраслевых нормативных материалах и на типовых решениях.

В помещениях особо сырых следует применять светильники со степенью защиты, как правило, не ниже IP53 (предпочтительно IP54), а в помещениях с химически активной средой - не ниже IP54 или 54.

Рекомендуются светильники с корпусами, противостоящими возможным воздействиям среды. Желателен уплотненный или отдельный ввод проводников, а при возможности залива водой предпочтителен боковой ввод проводов.

В пыльных помещениях лучше применять СП полностью пыле-защищенных IP 5X (X - указывает, что степень защиты от влаги не регламентируется). Желательно, чтобы лампы в светильниках были с внутренним отражающим слоем, а светильники не имели экранирующих решеток, сеток и подобных им элементов, способствующих запылению.

В пожароопасных помещениях или зонах классов П-1 и П-2 для всех СП требуется не менее чем пылезащитное исполнение IP5X. Если пожаро- или взрывоопасная зона находится вне помещения, то СП должны быть еще и дождезащитного исполнения IP 53.

Выбор СП по светотехническим характеристикам

Распределение светового потока в верхнюю и нижнюю полусферы окружающего пространства, а также форма кривой силы света (КСС) являются основными показателями, определяющими качество освещения.

С увеличением доли потока, направляемого СП в верхнюю полусферу, смягчаются, а затем и исчезают тени, уменьшается блеск, улучшаются условия освещения различно ориентированных в пространстве поверхностей, но при этом всегда возрастает мощность осветительной установки. Поэтому для производственных помещений обычно применяют СП прямого или преимущественно прямого светораспределения с типовыми КСС К, Г или Д; для административных, общественных и жилых помещений светильники рассеянного, преимущественно отраженного или отраженного светораспределения с типовыми КСС М, Л или П. Выбор СП с той или иной КСС зависит от характеристики помещения [10].

Для очень высоких помещений наиболее выгодны светильники с концентрированной кривой силы света К, а по мере уменьшения высоты - с кривыми Г и Д. В помещениях, где рабочие поверхности находятся в вертикальном или произвольно расположенных плоскостях, целесообразны светильники рассеянного света класса Р с полуширокой кривой типа Л или равномерной типа М.

Светильники прямого света класса П и преимущественно прямого света класса Н характеризуются более высокими значениями КПД и требуют установки в них источников меньшей мощности для создания одинакового уровня освещенности рабочих поверхностей. При их использовании улучшается видимость рельефных деталей небольших размеров и легче отыскиваются мелкие дефекты (поры, трещины, изломы и т. п.), но возможно затенение рабочих поверхностей стоящими рядом громоздкими предметами.

При сопоставлении значения коэффициентов использования светового потока для различных светильников одного класса светораспределения (например, прямого света класса П) коэффициент использования убывает следующим образом: К-Г-Д-Л-М-П-С. Поэтому для высоких помещений, с точки зрения минимальной

установленной мощности источников света, выбирают светильники с типовыми классами КСС Г и Д. С другой стороны, применение светильников с такими КСС приводит к уменьшению расстояния между ними и, как следствие, к увеличению капитальных затрат.

Для большинства с.-х. помещений выбирают СП с широкой кривой силы света Д, М, реже Г. для освещения территорий ферм, выгульных площадок и дорог применяют СП с широкой кривой силы света Ш.

Выбор СП по экономическим показателям

В общем случае экономическую целесообразность принимаемого решения следует учитывать не только при выборе светильников, но и на любой стадии проектирования осветительной установки путем полного сопоставления технико-экономических показателей, сравниваемых и равноценных по светотехническому эффекту вариантов, по критерию минимума приведенных затрат. Основными сопоставляемыми приведенных затрат являются: стоимость электроэнергии, зависящая от установленной мощности источников; капитальные вложения, включающие стоимость светильников, их монтажа и одного комплекта ламп; затраты на обслуживание осветительной установки. Поскольку стоимость электроэнергии обычно преобладает в общей сумме приведенных затрат, то в практике проектирования на стадии выбора зачастую ограничиваются сопоставлением установленной мощности ламп и капитальных затрат на приобретение светильников. При выполнении курсовой работы можно пользоваться упрощенным критерием энергетической экономичности

$$\mathcal{E}_э = - \eta_u C / z, \quad (2.1)$$

где η_u - коэффициент использования светового потока; C - светоотдача источников света, лм/Вт; $z = 1,3... 1,2$ - коэффициент неравномерности (отношение средней освещенности к минимальной).

Основным фактором, определяющим энергетическую эффективность (для данного типа источника света), является коэффициент использования светового потока, который зависит от КПД светильника и в наибольшей степени от формы

2.6 Размещение световых приборов

Светильники должны быть расположены и установлены таким образом, чтобы обеспечивались:

- а) безопасный и удобный доступ к светильникам для обслуживания;
- б) создание нормируемой освещенности наиболее экономичным путем;
- в) соблюдение требований к качеству освещения (равномерность освещения, направление света, ограничение вредных факторов: теней, пульсаций освещенности, прямой и отраженной блескости);
- г) наименьшая протяженность и удобство монтажа групповой сети;
- д) надежность крепления светильников.

При общем равномерном освещении, а по возможности также и при локализованном освещении, светильники с разрядными лампами высокого давления

(типов ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ) и с лампами накаливания рекомендуется располагать по вершинам квадратных, прямоугольных (с отношением большей стороны прямоугольника к меньшей не более 1,5) или ромбических (с острым углом при вершине ромба, близким к 60 °) полей.

При установке светильников на фермах следует по возможности сокращать число продольных рядов светильников, допуская в этом случае уменьшенное против оптимального расстояние между светильниками в ряду.

Светильники с люминесцентными лампами при общем как равномерном, так по возможности и при локализованном освещении, следует преимущественно размещать рядами, параллельными стенам с окнами, или рядами колонн, а также пилястр. Иное расположение допускается:

- а) в узких помещениях с окнами на торцевых стенах;
- б) в случаях, когда это диктуется размещением производственного оборудования;
- в) при работах с блестящими поверхностями, когда следует по возможности размещать ряды светильников параллельно основному направлению осей зрения и располагать их между рядами рабочих мест.

Ряды светильников следует выполнять непрерывными или с разрывами (в свету), не превышающими примерно 0,5 расчетной высоты.

Многоламповые светильники с люминесцентными лампами допускается также размещать в соответствии с указаниями п. 2.49 норм [14].

При равномерном размещении светильники располагают по вершинам квадратов, прямоугольников или ромбов, оптимальный размер стороны которых определяется по формуле:

$$\lambda_c \cdot H_p \leq L \leq \lambda_z \cdot H_p \quad (2.2)$$

где λ_c, λ_z - относительные светотехнические и энергетические наивыгоднейшие расстояния между светильниками; H_p - расчетная высота осветительной установки, м.

Численные значения λ_c и λ_z зависят от типа кривой силы света и определяются по таблице 3.

$$H_p = H_o - h_{св} - h_{раб} \quad (2.3)$$

где H_o - высота помещения, м; $h_{св} = 0...0.5$ - высота свеса светильников, м.; $h_{раб}$ - высота рабочей поверхности от пола, м.

Светотехнически наивыгоднейшее расстояние λ_c обеспечивает такое размещение светильников, при котором распределение освещенности на рабочей поверхности наиболее равномерное. Увеличение λ_c сверх рекомендуемого значения ухудшает равномерность освещения рабочих поверхностей, но уменьшает установленную мощность источников света. При $\lambda_c = \lambda_z$ мощность источников света осветительной установки минимальная. Увеличение относительного расстояния между светильниками сверх λ_z приводит к увеличению мощности источников света и ухудшает качество освещения.

Таблица 2.1 - Рекомендуемые и допустимые значения λ_c и λ_z

Типовая кривая	λ_c	λ_z
Концентрированная (К)	0,4 – 0,7	0,6 – 0,9
Глубокая (Г)	0,8 – 1,2	1,0 – 1,4
Косинусная (Д)	1,2 – 1,6	1,6 – 2,1
Полуширокая (Л)	1,4 – 2,0	1,8 – 2,3
Равномерная (М)	1,8 – 2,6	2,6 – 3,4

Допускается, кроме случаев кривой К, увеличение этих отношений не более, чем на 30 %. Уменьшение указанных отношений допускается, если это обусловлено конструкцией перекрытия или, если это необходимо для обеспечения нормируемых значений показателя ослепленности и коэффициента пульсации, а также в случаях, когда при указанных отношениях и при предельно возможной мощности ламп не обеспечивается нормативная освещенность [8].

В последнем случае, а также при необходимости уменьшения коэффициента пульсации, в производственных помещениях рекомендуется взамен сближения светильников или их рядов применять установку в одном пункте сдвоенных или строенных светильников или, соответственно, сдвигать или страивать ряды люминесцентных светильников.

Крайние светильники устанавливают на расстоянии $l_{ав} = (0,3...0,5)L$ от стены в соответствии с наличием и отсутствием рабочих поверхностей у стен. Светильники с люминесцентными лампами располагают обычно рядами параллельно с окнами или длинной стороне помещения. В зависимости от уровня нормированной освещенности светильники располагают непрерывными рядами или рядами с разрывами. Расстояние между рядами определяется так же, как и расстояние между светильниками в ряду.

Светильники с четырьмя и более люминесцентными лампами размещать сплошными рядами или рядами с разрывами не обязательно. Они могут располагаться так же, как и светильники с точечными источниками света (лампы накаливания, ДРЛ, ДНаТ, ДРИ).

При определении расстояния между светильниками с газоразрядными лампами λ_z не учитывается.

По известному значению L , по длине A и ширине B помещения определяют: число светильников по длине помещения

$$N_A = (A - 2 l_{ав}) / L + 1 \quad (2.4)$$

число светильников по ширине помещения

$$N_B = (B - 2 l_{ав}) / L + 1 \quad (2.5)$$

и общее число светильников в помещении

$$N = N_A \cdot N_B. \quad (2.6)$$

Если расчет расстояния между светильниками в ряду и между рядами производился с учетом только λ_c , то полученные значения N_A и N_B округляют в сторону наименьшего значения, если по λ_3 , то в сторону большего.

После чего размещают светильники на плане помещения и определяют действительные расстояния между светильниками в ряду и между рядами

$$L_A = A / (N_A - a); \quad L_B = B / (N_B - a); \quad (2.7)$$

где $a = 0,4$ при $l_{AB} = 0,3$ и $a = 0$ при $l_{AB} = 0,5$.

В помещениях с постоянно работающими в них людьми рекомендуется по возможности избегать однорядного расположения светильников.

При общем равномерном освещении расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стен или осей колонн следует принимать в помещениях, предназначенных для работы, 1 : 3, а в остальных помещениях - 1:2 стороны поля или расстояния между рядами светильников. При размещении рабочих мест непосредственно у стен или колонн крайние ряды светильников следует в пределах целесообразности приближать к стенам или колоннам, в частности устанавливать светильники на кронштейнах.

Если длина рядов светильников с люминесцентными лампами превышает высоту их установки над освещаемой поверхностью, то в помещениях с постоянно работающими в них людьми следует предотвращать уменьшение освещенности в конце рядов путем продолжения рядов светильников за пределы площади, на которой фактически производятся работы, примерно на 0,5 высоты установки светильников: удвоения плотности потока ламп (лм/м.) у концов рядов на таком же протяжении; сближением или сдвиганием светильников; устройством по концам продольных рядов поперечных замыкающих рядов светильников.

Светильники локализованного освещения должны размещаться в соответствии с требованиями, обусловленными расположением оборудования и характером работы, к распределению освещенности и направлению света. Локализованное освещение может достигаться путём отказа от симметричного, равномерного размещения светильников в помещении, установки светильников, дополнительных к светильникам общего равномерного освещения, изменением мощности ламп в части этих последних светильников или изменением высоты установки части светильников.

В установках наружного освещения светильники обычно располагаются равномерно. При освещении ограниченных по ширине проездов и проходов в зависимости от их ширины применяют однорядное (боковое или осевое) или многорядное размещение СП. В последнем случае светильники располагают в шахматном порядке. Расстояние между светильниками обычно равно 30...40 м. Прожекторы размещают по освещаемой территории либо группами по 10... 15 штук на мачте, либо индивидуально по 1...2 прожектора. Групповое расположение применяют при освещении больших территорий ($S > 10000$ м) и высоких уровнях нормированной освещенности. В этом случае расстояние между мачтами доходит до 400...500 м.

Размещение штепсельных розеток.

Штепсельные розетки для присоединения переносных светильников следует предусматривать:

- а) в помещениях, имеющих технологическое или санитарно-техническое оборудование, для ремонта или осмотра которого недостаточно общего освещения, а также производственные емкости (бункера, баки, отстойники и т. п.), требующие их осмотра и чистки;
- б) в цехах, где необходимо временное увеличение освещенности отдельных поверхностей при выполнении сборочных формовочных и т. п. работ;
- в) на ремонтных площадках, в том числе для ремонта кранового оборудования;
- г) в галереях и туннелях транспортеров, трубопроводов, шинопроводов и т. п.;
- д) в электропомещениях;
- е) в административно-конторских, проектно-конструкторских, лабораторных и других аналогичных помещениях.

В помещениях, указанных в подпунктах «а» - «д», расположение штепсельных розеток должно обеспечивать возможность пользования переносными светильниками при длине кабеля, как правило, не более 10... 15 м., а в помещениях, указанных в подпункта «а», - возможность пользования настольными светильниками, персональными компьютерами и другими электроприборами оргтехники на любом столе, расположенном у стен или в любом другом месте помещения при длине кабеля не более 2 м.

При длине галереи и туннеля не более 30 м допускается установка штепсельных розеток только по концам галереи или туннеля.

В цехах с оборудованием, местное освещение которого питается от электрической сети, подведенной к этому оборудованию, следует предусматривать штепсельные розетки переносного освещения, не связанные с питанием местного освещения отдельных рабочих мест.

В местах, где ожидается одновременное использование нескольких переносных светильников, рекомендуется устанавливать блоки из нескольких штепсельных розеток.

Штепсельные розетки должны устанавливаться:

- а) в производственных помещениях, как правило, не выше 0,8...1 м.;
- б) в помещениях административно-конторских, бытовых, проектно-конструкторских, лабораториях и других аналогичных - на высоте, удобной для присоединения к штепсельным розеткам электрических приборов, в зависимости от назначения помещений и оформления интерьеров, но не выше 1 м.;
- в) в помещениях любого назначения штепсельные розетки могут устанавливаться в специально предназначенных для этого плинтусах, выполненных из негорючих материалов, а также в полах или над

поверхностью пола помещений в специально предназначенных для этого устройствах.

В школах и детских учреждениях (в помещениях для пребывания детей) - на высоте 1,8 м.

При выборе числа и расположения штепсельных розеток должна учитываться возможность питания от них ручного электрифицированного инструмента, персональных компьютеров, электроприборов оргтехники, пылесосов, мелких нагревательных приборов при силе тока каждого электроприемника не более 6 А.

2.7 Требования к креплениям светильников

Подвесные светильники общего освещения, устанавливаемые на потолках или фермах, как правило, должны крепиться к последним со свесом не более 1,5 м. Увеличение свеса этих светильников может предусматриваться в случаях:

- а) если это необходимо в целях обеспечения доступа к светильникам для обслуживания;
- б) когда это позволяет улучшить экономические показатели установки без ухудшения качества освещения.

При установке светильников с увеличенным свесом конструкция их крепления должна ограничить возможность раскачивания светильников под воздействием потоков воздуха.

Крепление светильников в производственных помещениях рекомендуется предусматривать как комплектный индустриальный узел, решаемый, как правило, совместно с конструкциями для прокладки сети.

При обслуживании светильников со стационарных электротехнических мостиков и площадок и из проходных технических этажей конструкции для установки светильников должны обеспечивать два их основных положения - рабочее и положение при обслуживании, например, путем использования специальных поворотных кронштейнов.

При обслуживании светильников из проходного технического этажа (табл. 1, п. 5) могут также применяться светильники, конструкция которых предусматривает два их положения - рабочее и положение при обслуживании.

Приспособления для подвешивания светильников массой до 25 кг должны выдерживать в течение 10 минут без повреждений и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника, а для светильников массой более 25 кг - нагрузку, равную двухкратной массе светильника плюс 80 кг.

Крепления светильников, устанавливаемых на основаниях, подверженных вибрации, в том числе на мостовых кранах, должны иметь амортизационные приспособления.

Светильники местного освещения должны быть укреплены жестко или так, чтобы после перемещения они устойчиво сохраняли свое положение [3].

2.8 Определение мощности осветительной установки

В практике расчета общего электрического освещения помещений наиболее распространены следующие методы: точечный, метод коэффициента использования светового потока осветительной установки и метод удельной мощности.

Задача светотехнического расчёта – определить потребную мощность источников света для обеспечения нормированной освещённости. В результате расчёта находят световой поток источника света, который необходимо установить в светильнике. По этому потоку выбирают стандартную лампу. Отклонение светового потока выбранной лампы от расчётного значения допускается в пределах - 10...+20%. Если расхождение больше, то необходимо изменить число светильников, их размещение, тип и выполнить перерасчёт, чтобы это расхождение укладывалось в указанные допустимые пределы. Так проводят прямой расчёт осветительной установки. При проектировании делают поверочный расчёт, цель которого – определить фактическую освещённость в расчетных точках рабочих поверхностей по светильникам известных типов и световым потокам установленных в них ламп. Расчёты обоих видов выполняют на основе одних и тех же методов.

Точечный метод применяется для расчета общего равномерного и локализованного освещения помещений и открытых пространств, а также местного при любом расположении освещаемых плоскостей. Метод позволяет определить световой поток светильников, необходимый для создания требуемой освещенности в расчетной точке при известном размещении светильников и условии, что отражение от стен, потолка и рабочей поверхности не играет существенной роли.

Расчет ведется следующим образом: на плане с размещением выбранных светильников намечают контрольные точки, в которых предполагается минимальная освещенность. Не следует выискивать точки с минимальной освещенностью у стен или в углах: если в таких точках есть рабочие места, то освещенность в них можно довести до нормы путем местного освещения или увеличением мощности источников ближайших светильников.

Дальнейший расчет ведут в зависимости от размеров светового прибора. Если размеры СП меньше $0,5 H_p$ (точечный источник света), то сначала определяют в каждой контрольной точке условную освещенность:

$$e = \sum e_i \quad (2.8)$$

где e_i - условная освещенность контрольной точки от i -го светильника со световым потоком в 1000 лм, которую определяют по кривым изолукс или по формуле:

$$e_i = I_{ai}^{1000} \cos^3 \alpha_i / H_p^2 \quad (2.9)$$

где α_i - угол между вертикалью и направлением силы света i -го светильника в расчетную точку рис. 2; I_{ai}^{1000} - сила света i -го светильника с условной лампой (со световым потоком в 1000 лм) в направлении расчетной точки.

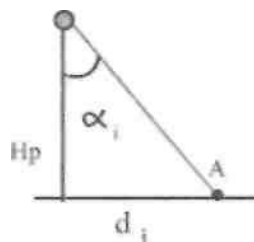


Рисунок 2.1 - К определению угла между вертикалью и направлением силы света i -го светильника в расчетную точку.

Численные значения I^{1000}_{ai} определяют по силе света типовых КСС.

Составляется таблица:

Таблица 2.2 - Расчетные данные

№ контр. точки	№ светильника	$d_i, м$	$\alpha_i, град$	I^{1000}_{ai}	$\cos^3 \alpha_i$	$e_i, лк$	$\sum e_i, лк$
1	2	3	4	5	6	7	8
А	ближайший						
	следующий						
В							

Расчет по каждой точке ведут, последовательно определяя e_i сначала от ближайшего светильника, затем следующего по удалению и т. д. Заканчивают расчет, когда удельная освещенность от данного светильника составит величину, меньшую или равную 10 % освещенности от ближайшего к контрольной точке светильника. После этого определяют суммарную удельную освещенность $\sum e_i$ контрольной точке.

Та точка, в которой суммарная освещенность минимальная, принимается за расчетную. По ней ведут расчет светового потока источника света в каждом светильнике по формуле:

$$\Phi = (1000 \cdot E_H \cdot K_3) / \mu \cdot \sum e_i, \quad (2.10)$$

где $\mu = 1,1$ - коэффициент, учитывающий дополнительно освещенность от удаленных светильников и отражения от ограждающих конструкций; 1000 - световой поток условной лампы, лм.

По вычисленному значению светового потока и справочным данным выбирают тип, размер лампы и ее мощность P_L , рассчитывают отклонение табличного потока от расчетного, при этом должно выполняться условие:

$$-0,1 \leq (\Phi_L - \Phi) / \Phi \leq +0,2. \quad (2.11)$$

Если условие не выполняется, пересматривают проектные решения (например, меняют высоту подвеса светильников, расстояние между ними, количество и т. д.) и выполняют пересчет с принятыми изменениями.

После выбора лампы следует убедиться, что выбранная лампа подходит к выбранному ранее светильнику (по мощности, способу установки и т. п.).

Если длина светового прибора больше $0,5 H_p$, то сначала определяют относительную условную освещенность. При этом необходимо определить, как считать светильники: как сплошную линию по отдельности. Если длина разрыва между светильниками в ряду меньше $0,5 H_p$, то ряд светильников считают, как одну сплошную линию, в противном случае каждый светильник считают по отдельности.

Численные значения условной освещенности ε_i находят по кривым изолукс в зависимости от приведенной длины:

$$L = l / H_p, \text{ и удаленности точки от светящейся линии } P = p / H_p.$$

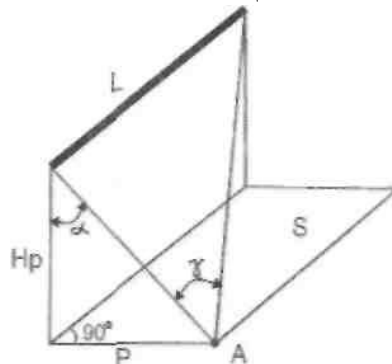


Рисунок 2.2 - К расчету освещенности, создаваемой в точке светящейся линией.

Световой поток, приходящийся на 1 метр длины лампы, определяют по следующей формуле:

$$\Phi = (1000 E_H K_z H_p) / \mu \sum \varepsilon_i, \quad (2.12)$$

Поток лампы или светящейся линии

$$\Phi = \phi L. \quad (2.13)$$

По значению потока светящейся линии и потока светильника определяют число светильников в ряду:

$$N = \Phi / \Phi_{cv} \quad (2.14)$$

Зная число рядов n и количество светильников в ряду N , мощность одной осветительной установки:

$$P_{уд} = (P_{cv} N n) / A \quad (2.15)$$

Если точка расположена в пределах светящей линии так, как показано на рисунке 2.3, то линию условно разбивают на две части L_1 и L_2 .

Точка оказывается расположенной против концов обеих частей, и освещенность в ней равна сумме освещенностей, создаваемых каждой частью линии. Эти частичные освещенности определяются по графику линейных изолукс.

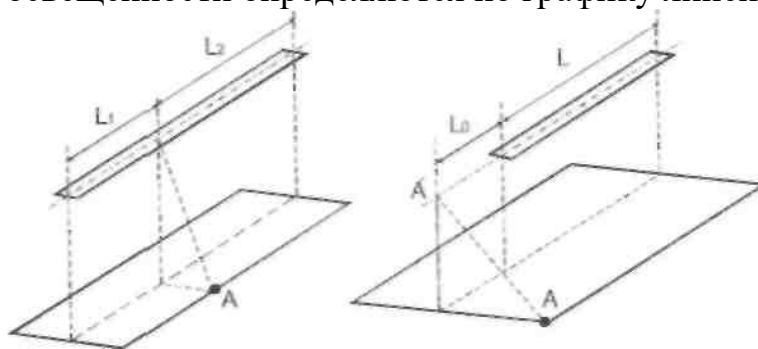


Рисунок 2.3 - К определению освещенности в точках, не лежащих против концов светящихся линий.

Если точка расположена за пределами светящей линии рис. 2.3, линию условно продлевают настолько, чтобы точка оказалась против ее конца.

Относительную освещенность точки вычисляют как разность освещенностей, создаваемой в точке всей линией, включая условную часть, и создаваемой условной частью линии [5].

Если суммарная длина светильников $n_1 > 1$, то возможны следующие варианты:

- а) переход к лампам большей единичной мощности;
- б) сближение рядов и, следовательно, увеличение их числа;
- в) размещение в каждом ряду светильников с большим числом ламп;
- г) образование каждого ряда из двух и более линий светильников.

Порядок расчета:

1. На плане помещения с нанесенными на него светильниками выбирают контрольные точки.
2. В каждой из контрольных точек вычисляют условную освещенность.
3. Из контрольных точек выбирают точку с наименьшей условной расчетной освещенностью.
4. Выбирают коэффициент запаса K , и коэффициент добавочной освещенности.
5. По расчетной формуле вычисляют значение требуемого светового потока лампы для светильника.
6. По найденному световому потоку, пользуясь справочной таблицей, определяют мощность лампы.
7. Подсчитывают мощность осветительной установки.

Расчет освещенности в наклонной плоскости

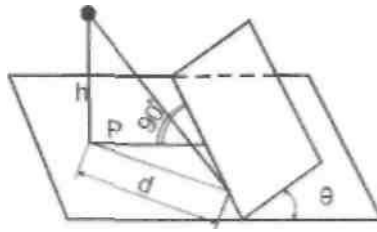


Рисунок 2.4 - К расчету освещенности наклонной плоскости.

Если необходимо рассчитать освещение наклонной плоскости, через расчетную точку, лежащую на этой плоскости, проводят вспомогательную горизонтальную плоскость. Связь между горизонтальной освещенностью в расчетной точке и освещенностью наклонной плоскости в той же точке выражается соотношением:

$$E_{\text{накл}} = U E_{\text{гор}} \quad (2.16)$$

где $E_{\text{накл}}$ - освещенность наклонной плоскости, лк.

$$U = \cos \Theta \pm P / h \sin \Theta. \quad (2.17)$$

Величины, входящие в выражение, показаны на рисунке 5.

Для вычисления существует справочный график. Если расчетная плоскость вертикальна, то:

$$U = P / h, \quad (2.18)$$

или в частном случае, когда вертикальная плоскость перпендикулярна проекции луча на горизонтальную плоскость, то:

$$U = d / h, \quad (2.19)$$

Общие случаи расчета освещенности произвольно наклонной плоскости встречаются весьма редко.

Метод коэффициента использования светового потока осветительной установки

Этот метод применяется при расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей в помещении со светлыми ограждающими поверхностями и при отсутствии крупных затеняющих предметов.

Для расчёта локализованного освещения, освещения наклонных и вертикальных поверхностей использовать его нельзя из-за большой погрешности получаемых результатов.

Основная расчётная формула:

$$\Phi_v = \Phi_{vl} \cdot N \cdot \eta / (z \cdot A \cdot k_{зан}), \quad (2.20)$$

где Φ_{vl} – световой поток лампы, установленной в светильнике, лм; N – число светильников для освещаемой поверхностью; η – коэффициент использования светового потока; z – коэффициент минимальной освещённости; A – площадь освещаемой поверхности, м²; $k_{зан}$ – коэффициент запаса.

Это выражение используют для определения освещённости при проверочных расчетах. При прямом расчёте из формулы находят световой поток лампы, которую необходимо установить в светильник, чтобы на расчётной поверхности была создана освещённость не ниже нормированной E_{min} .

$$\Phi_{vl} = E_{min} \cdot z \cdot A \cdot k_{зан} / (N \cdot \eta), \quad (2.21)$$

Входящий в формулу коэффициент использования светового потока выбирают по справочным таблицам в зависимости от типа светильника, его КПД и характера светораспределения, коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности и от размеров и формы помещения, которые учитывают индексом:

$$i = a \cdot b / h_p \cdot (a + b) \quad (2.22)$$

где h_p – расчётная высота, м; a, b – длина и ширина помещения, м.

Приблизжённые значения коэффициентов отражения для различных помещений приведены в справочных таблицах.

Расчет выполняют в следующем порядке. Определяют коэффициенты отражения потолка p_n , стен p_c , рабочих поверхностей (или пола) p_p и индекс помещения. Приблизительные значения коэффициентов отражения для различных материалов и покрытий приведены в таблице 3.5.

Таблица 2.3 - Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка.

Характер окружающей поверхности	Коэффициент отражения, %
Побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами, побеленный потолок	70
Побеленные стены при не завешанных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич не оштукатуренный; стены с темными обоями	10

По найденному потоку (если светильник многоламповый, то по потоку, приходящемуся на одну лампу), пользуясь каталожными данными и приложениями, выбирают типоразмер лампы и ее мощность. Если ближайшие лампы имеют световой поток, отличающийся от расчетного более чем на - 10 - + 20 %, то выбирают лампу с большим потоком и уточняют число светильников по вышеприведенной формуле.

Если в справочных таблицах отсутствуют значения коэффициента использования светового потока для принятого типа светильника, то их можно приблизительно определить по значениям для существующего в таблицах светильника с одинаковым характером свето-распределения, КПД и распределением светового потока в верхнюю и нижнюю полусферу. Коэффициент использования светового потока в относительных единицах также можно вычислить по формуле:

Порядок расчета:

1. Проверяют применимость метода.
2. Выбирают тип источника света и тип светильников, определяют их расположение и число.
3. Определяют уровень нормированной освещенности.
4. Определяют коэффициент отражения потолка и стен.
5. Определяют индекс помещения,
6. Определяют по справочной таблице коэффициент использования светового потока I .
7. Определяют коэффициенты запаса и минимальной освещенности Z .
8. Вычисляют по расчетной формуле требующийся световой поток источника света в светильнике.
9. Подбирают по таблице выпускаемых промышленностью ламп выбранного типа ближайшую по световому потоку. Если ближайшие стандартные лампы имеют световой поток, отличающийся от расчетного более чем на $-10...+20\%$, то выбирают лампу с большим световым потоком, подставляют его значение в расчетную формулу и решают ее относительно числа светильников N . Таким образом, первоначальный вариант числа и расположения светильников может в процессе расчета несколько измениться.
10. Определяют суммарную мощность светильников осветительной установки.

Метод удельной мощности

Этот метод является упрощением метода коэффициента использования и рекомендуется для расчета осветительных установок второстепенных помещений, к освещению которых не предъявляются особые требования, и для предварительного определения осветительной нагрузки на начальной стадии проектирования [11].

Применяют для расчёта мощности осветительных установок при общем равномерном освещении горизонтальных поверхностей. Под удельной мощностью понимают отношение суммарной мощности источников света к площади освещаемой поверхности. Этот способ разработан на основе метода коэффициента использования светового потока, дает более простое решение задачи, но и менее точное. В его основе лежит формула:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{уд}} \cdot A / N, \quad (2.23)$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт; $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность, Вт/м²; A – площадь помещения, м²; N – число ламп в осветительной установке.

Удельная мощность осветительной установки представляет собой функцию переменных: нормированной освещённости, коэффициента использования светового потока, типа источников света, типа и размещения светильников, размеров помещения, коэффициентов отражения его поверхностей. В справочной литературе даны таблицы удельных мощностей, составленные для ламп накаливания при коэффициенте запаса $k_{зан} = 1,3$ и для люминесцентных ламп при $k_{зан} = 1,5$. При этом напряжение питания равно 220 В. Если напряжение осветительной установки 127 В, то табличные значения удельной мощности необходимо умножить на 0,86. Удельная мощность прямо пропорциональна коэффициенту запаса. Поэтому при значениях этого коэффициента, отличных от тех, для которых составлены таблицы, табличные значения удельной мощности должны быть пропорционально пересчитаны.

Для газоразрядных источников света таблицы удельных мощностей составлены только для одного значения освещённости 100 лк, поскольку между освещённостью и удельной мощностью существует пряма пропорциональная зависимость.

Метод удельной мощности по сравнению с методом коэффициента использования светового потока даёт погрешность расчёта $\pm 20\%$, что допустимо при определении мощности осветительной установки.

Последовательность расчёта осветительной установки методом удельной мощности: выбирают источник света, тип светильников и размещают их на плане помещения; определяют нормированную освещённость, по справочным таблицам – удельную мощность; находят мощность осветительной установки, при необходимости по формуле (108) – мощность лампы; по справочным таблицам подбирают ближайшую стандартную лампу и по её мощности окончательно рассчитывают мощность всей осветительной установки.

2.9 Расчёт наружного освещения

Наружное освещение устанавливают для создания необходимых условий видения перед входами в здания, нВ улицах, дорогах, на площадках и охраняемых участках. Освещение входов в здания рассчитывают точечным методом по контрольной точке на углу входной площадки. Если размеры этой площадки не заданы, то их принимают равными 2 х 3 м. Минимальная освещённость на площадке должна быть не ниже 0,5 лк.

Освещение дорог, строительных и других площадок и охраняемых территорий рассчитывают по формуле:

$$\Phi_v = 1000 \cdot E_{\min} \cdot k_{зан} \cdot h_p^2 / \left(\sum_1^n e_i \right), \quad (2.24)$$

где $\sum_1^n e_i$ – сумма относительных условных освещённостей от ближайших светильников, лк.

Условные относительные освещённости при этом определяют по кривым, построенным для лампы с потоком 1000 лм и для высоты 1 м в функции отношения

расстояния от проекции светильника до расчётной точки к расчётной высоте, если светильник круглосимметричен. Для некруглосимметричных светильников относительную освещённость находят по условным изолюксам.

Рассчитанный по формуле (111) поток в общем случае не совпадает с потоком стандартной лампы. Поэтому при расчёте вычисляют не поток лампы, а расстояние между светильниками. Задают оптимальную для светильника выбранного типа мощность лампы и по формуле (111) определяют $\sum_{i=1}^{i=n} e_i$. По значению $\sum e_i$. Из кривых относительной освещённости находят расстояние между светильниками. При этом считают, что светильники установлены на стандартных опорах высотой 6...10 м.

Наружное освещение прожекторами. Рекомендуют для выгульных площадок и дворов животноводческих объектов, зерновых токов, строительных площадок, открытых спортивных сооружений, а также для охраняемых территорий.

Прожекторное освещение рассчитывают методом компоновки изолюкс в следующей последовательности.

Выбирают нормированную освещённость. Определяют предварительное приближённое значение мощности прожекторной установки по формуле:

$$P = P_{yd} \cdot A = m \cdot k_{зан} \cdot E_{min} \cdot A, \quad (2.25)$$

где P_{yd} – удельная мощность, Вт/м²; A – площадь освещаемого объекта, м²; m – коэффициент пропорциональности, который для прожекторов с лампами накаливания равен 0,2...0,25, с лампами ДРЛ и галогенными лампами накаливания – 0,12...0,16; $k_{зан}$ – коэффициент запаса; E_{min} – нормированная освещённость объекта, лк.

По справочным таблицам находят тип прожекторов, их число. При этом суммарная мощность должна соответствовать рассчитанной приближённой мощности. Выбирают высоту h мачт, а также намечают их расположение относительно объекта. Для прожектора данного типа определяют оптимальный угол наклона θ его оси к горизонтали. Рассчитывают и строят или берут из справочной литературы готовые кривые изолюкс для оптимального и нескольких смежных значений θ .

План освещаемого объекта вычерчивают в том же масштабе, что и изолюксы. Вырезанные изолюксы накладывают на объект и компонуют их так, чтобы они не перекрывали одна другую и закрывали план объекта при наименьшем числе прожекторов. Подбранное расположение прожекторов фиксируют и окончательно определяют расстояние от мачты каждого прожектора до объекта, углы наклона прожекторов и высоту их установки.

При небольших размерах объекта может оказаться достаточно одного прожектора. В этом случае подбирают такое положение его изолюксы, при котором объект «не выглядывает» или как можно меньше «выглядывает» из-под неё.

Наивыгоднейший угол наклона оси прожектора к горизонту для некоторых прожекторов определяют по показателю:

$$e \cdot h^2 = k_{зан} \cdot E \cdot h^2, \quad (2.26)$$

При отсутствии готовых изолюкс их рассчитывают по справочным изолюксам для условной плоскости, перпендикулярной оси прожектора и удалённой от него на 1 м, в следующей последовательности. На плане освещаемой территории через основание прожектора проводят оси x и y . Ось x при этом лежит в одной плоскости с осью прожектора. Задают значения x , кратные $h/2$, и находят отношение x/h . По значению θ и x/h определяют ординату ξ изолюксы на условной плоскости и вспомогательные значения ρ и ρ^3 . Рассчитывают относительную освещённость на условной плоскости:

$$e_m = E_{min} \cdot h^2 \cdot \rho^3. \quad (2.27)$$

По графикам изолюкс для ξ и e_m определяют абсциссу η и рассчитывают ординату уже на освещаемой поверхности:

$$y = \eta \cdot h \cdot \rho. \quad (2.28)$$

Это даёт сразу координаты двух точек изолюксы ($x+y$ и $x, -y$) на освещаемой поверхности. Результаты расчётов записывают в таблицу. По значениям x и y строят изолюксу.

Светотехническая ведомость. Все исходные данные и результаты расчётов сводят в светотехническую ведомость.

Таблица 2.4 – Пример светотехнической ведомости.

	Характеристика помещения						
	Наименование	Коэффициент отражения %					
	Площадь, м²						
	Высота, м						
	Класс по среде						
	Потолка						
	Стен						
	Пола						
	Вид освещения						
	Система освещения						
	Класс и подкласс, разряд и подразряд работ						
	Норма освещенности						
	Коэффициент запаса						
	Тип	Светильник					
	Число						
	Тип	Лампа					
	Мощность, Вт						
	Установленная мощность освещения, Вт						
	Удельная мощность осветит. нагрузки, Вт/м²						

3. Электротехническая часть проекта

3.1 Выбор напряжения и источников питания

Источниками питания осветительных установок сельскохозяйственных объектов чаще всего служат трансформаторные подстанции, питающиеся от энергосистем, а в отдельных случаях – местные электрические станции. Причем они общие для осветительных и силовых нагрузок.

Напряжения, применяемые в сельскохозяйственных установках, как правило, 380/220 В при заземлённых нейтралях сетей. Такие напряжения возможны в любых помещениях для установок общего освещения при высоте подвеса светильников более 2,5 м, при меньшей высоте – только в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещениях с повышенной опасностью осветительную сеть прокладывают в металлических трубах, а светильники снабжают защитными сетками.

Для питания установок местного освещения в помещениях без повышенной опасности применяют напряжение до 220 В, с повышенной опасностью – до 42 В от специальных понижающих трансформаторов [13].

3.2 Выбор мест ввода и установки щитков

Осветительные щитки следует располагать:

- вблизи основного рабочего входа в здание;
- по возможности в центре питаемых нагрузок;
- в местах, удобных для обслуживания и с благоприятными условиями среды, недоступных для случайных повреждений;
- с учётом подхода воздушных линий.

Питание рабочего освещения должно быть от отдельного ввода. Однако допускается питание осветительных щитков от общего с силовой нагрузкой ввода при условии, что питающая линия обеспечит на вводе отклонения напряжения от номинального, не выходящие за допустимые пределы $\pm 5\%$ и соответствующие требованиям ГОСТ 13109-97 [15].

3.3 Компоновка осветительной сети

После размещения осветительных щитков все светильники подразделяют на группы. При этом всю нагрузку вначале делят равномерно на три части (по числу фаз питающей сети), а затем нагрузку каждой фазы делят на группы с учетом рекомендаций и соответствующие требованиям ГОСТ 13109-97:

1) Каждая групповая линия должна иметь на фазе не более 20 светильников с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, натриевыми и не более 50 светильников с люминесцентными лампами;

2) Групповые линии целесообразно выполнять однофазными в жилых, административных и бытовых помещениях небольшой площади или освещаемых

лампами накаливания мощностью до 200 Вт, а также в помещениях с малым числом светильников с люминесцентными лампами;

3) Каждая групповая линия с лампами накаливания мощностью до 500 Вт, люминесцентными лампами и штепсельными розетками должна быть защищена автоматом или предохранителем на ток не более 25 А, а линии с лампами накаливания мощностью свыше 500 Вт или с лампами ДРЛ не более 63 А;

4) Светильники дежурного и аварийного освещения объединяют в отдельные самостоятельные группы: аварийная группа либо от отдельного источника питания, либо непосредственно от ввода в здание; дежурная группа от системы общего освещения;

5) В жилых и общественных зданиях к однофазным группам освещения лестниц, коридоров и холлов, чердаков допускается присоединять до 60 ламп накаливания мощностью до 60 Вт каждая;

6) Штепсельные розетки в жилых помещениях устанавливают по одной на каждые 6 м² жилой площади и на 10 м² площади коридоров, а также до трех розеток на кухню. Мощность розетки принимают равной или мощности подключаемого токоприёмника, или 500 Вт.

На плане объекта наряду со светильниками наносят групповые и питающие щитки, выключатели, штепсельные розетки. После этого токоприёмники, выделенные в группы, соединяют групповыми линиями и для каждой группы составляют расчётную схему. В схеме указывают длины участков от щитка до разветвлений и между токоприёмниками, а также мощности токоприёмников. Все схемы должны быть приведены в расчётно-пояснительной записке.

3.4 Выбор марки провода и способа прокладки осветительной сети

Марку провода осветительной сети и способ их прокладки определяют в соответствии с условиями окружающей среды.

Групповые сети жилых, общественных, административных и бытовых зданий следует выполнять кабелями и проводами с медными жилами. При этом линии «до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприёмников следует выполнять трёхпроводными (фазный – 1, нулевой рабочий – N и нулевой защитный – PE проводники)». В расчётной схеме таких осветительных сетей нулевые защитные проводники должны быть или вычерчены отдельными линиями, или учтены в знаке числа проводов в групповых линиях. [16].

3.5 Расчёт площади сечения проводов осветительной сети

Расчёт и выбор площади поперечного сечения проводов осветительной сети должны обеспечивать:

- отклонение напряжения у источников света в допустимых пределах;
- нагрев проводов на выше допустимой для их изоляции температуры;
- достаточную механическую прочность проводов.

Поэтому площадь сечения проводов обычно рассчитывают по допустимой потере напряжения, а затем проверяют по нагреву и механической прочности. При

этом индуктивное сопротивление проводов внутренних осветительных сетей можно не учитывать. Индуктивное сопротивление осветительной нагрузки не учитывают, так как её коэффициент мощности обычно не ниже 0,9.

Площадь поперечного сечения проводов, мм²,

$$q = \sum_{i=1}^{i=n} M_i / (C \Delta U) = \sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot L_i / (C \Delta U), \quad (3.1)$$

где $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$, - сумма электрических моментов нагрузки, кВт · м; C – коэффициент сети, зависящий от её напряжения, материала проводов и единиц измерения, входящих в формулу (116) величин (определяют по справочным таблицам); ΔU – расчётная допустимая потеря напряжения, %.

Для внутренних осветительных сетей при номинальном напряжении на вводе допустимая потеря равна 2,5%, кроме жилых зданий, для которых это значение, как и для наружного и аварийного освещений, равно 5%. Обычно рекомендуют из приведённых значений допустимой потери напряжения оставлять 0,2...0,3 % на потери ввода в помещение. В сетях напряжением до 42 В потеря напряжения допуска 10% считая от вторичных выводов понижающих трансформаторов.

В общем случае допустимую потерю напряжения в осветительных сетях рассчитывают в зависимости от уровней напряжения на шинах источника питания и у наиболее удалённых ламп, мощности трансформатора, степени его загрузки и коэффициента мощности электроприёмников или определяют по справочным таблицам.

Площадь поперечного сечения, мм², проводов сети, у которой на магистральных участках и ответвлениях различное число проводов, рассчитывают по формуле:

$$q = \left(\sum_{i=1}^{i=n} M_i + \sum_{i=1}^{i=k} a_i \cdot m_j \right) / (C \Delta U) \quad (3.2)$$

где $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ - сумма моментов расчетного и всех последующих участков с тем же числом проводов, кВт · м; $\sum_{i=1}^{i=k} a_i \cdot m_j$ - сумма приведённых моментов всех последующих ответвлений с числом проводов, отличным от рассчитываемого участка, кВт · м; a – коэффициент приведения моментов, зависящий от числа проводов рассчитываемого участка и участков ответвлений.

Момент нагрузок определяют от самой удалённой от осветительного щита точки с наибольшей мощностью. Нагрузки потребителей ответвлений прикладывают к точке ответвлений. Любую равномерно распределённую нагрузку можно заменять равнодействующей, приложенной в центре нагрузки.

После расчёта выбирают ближайшую стандартную площадь поперечного сечения провода и проверяют её на нагрев:

$$I_p \leq I_{don}, \quad (3.3)$$

где I_p – расчётный ток провода, А; I_{don} – длительно допустимый для выбранной площади сечения провода ток, А.

Затем это сечение проверяют на механическую прочность:

$$q \geq q_{don}, \quad (3.4)$$

где q – выбранная площадь поперечного сечения провода, мм²; q_{don} – допустимая для данного вида сети и принятого способа прокладки площадь сечения провода, мм².

Окончательно выбранная площадь сечения должна быть не меньше расчётного значения и удовлетворять соотношениям.

После выбора площади сечения проводов определяют полные потери напряжения в каждой группе от ввода до наиболее удалённого источника света.

3.6 Выбор щитков, коммутационной и защитной аппаратуры

Осветительные щитки выбирают из справочных таблиц:

- по условиям окружающей среды, в которых им предстоит работать;
- конструктивному исполнению в зависимости от схемы сети и числа отходящих групп;
- аппаратуре управления и защиты, установленной в щитке.

Для сельскохозяйственных объектов наиболее широко применяют щитки типов ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ОП, ЯОУ и др. [2].

Все осветительные установки должны быть защищены от короткого замыкания. От перегрузок должны иметь защиту сети: внутри помещений, проложенные открыто проводом с горючей оболочкой; в пожаро- и взрывоопасных помещениях; жилых и общественных зданиях, торговых и служебно-бытовых помещениях промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Защиту от ненормальных режимов осуществляют предохранителями с плавкими вставками или автоматами с тепловыми или комбинированными нерегулируемыми расцепителями. Автоматы с мгновенно действующими расцепителями для защиты осветительных сетей не применяют. В групповых осветительных сетях используют автоматы с тепловыми расцепителями, в питающих сетях – автоматы с комбинированными расцепителями.

Токи установок автоматов или плавких вставок предохранителей рассчитывают по соотношению:

$$I_z \geq k_z \cdot I_p, \quad (3.5)$$

где I_z – ток аппарата защиты, А; I_p – расчётный ток защищаемой группы, А; k_z – отношение номинального тока плавкой вставки или уставки теплового расцепителя автомата к рабочему току линии, значения которого должны быть не меньше приведённых в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения устройств.

Аппарат защиты	Отношение номинального тока плавкой вставки или уставки теплового расцепителя автомата к рабочему току линии ламп		
	накаливания	типа ДРЛ	люминесцентных
Предохранитель с плавкой вставкой	1,0	1,2	1,0
Автоматический выключатель:			
- с тепловым расцепителем	1,0	1,4	1,0
- с комбинированным расцепителем	1,4	1,4	1,0

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей должен быть:

$$I_{ср.эл.р} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (3.6)$$

Надёжность срабатывания аппарата защиты проверяют по соотношению его номинального тока и тока короткого замыкания в конце осветительной линии. В соответствии с ПУЭ можно не рассчитывать ток короткого замыкания и не определять его кратность, если по отношению к длительно допустимым токам проводов сети аппараты защиты имеют кратность своих номинальных токов:

- при плавких предохранителях – не более 3;
- при электромагнитных отсечках – 4,5;
- при тепловых расцепителях – 1.

Для большинства осветительных установок эти условия выполняются.

Аппараты защиты и аппаратура коммутации входят в комплект щитков. Если же щитки некомплектные, то аппаратуру защиты выбирают по справочным таблицам и приложению.

При расчёте сети с газоразрядными лампами, кроме мощности ламп, учитывают потери в ПРА:

- 10% от мощности ламп типа ДРЛ;
- 25% от мощности люминесцентных ламп в стартерных схемах;
- 35% для тех же ламп в бесстартерных схемах.

Кроме того, для ламп высокого давления должна быть проведена компенсация реактивной мощности до $\cos \varphi = 0,95$.

В установках с люминесцентными лампами компенсация не требуется.

3.7 Рекомендации по монтажу и мероприятия по технике безопасности

Для проектируемой осветительной установки необходимо конкретно изложить особенности монтажа отдельных её элементов и узлов и указать организационные и технические рекомендации по безопасному осуществлению этих работ. Кроме того в пояснительной записке должны быть приведены рекомендации по защите эксплуатирующего и обслуживающего данную установку персонала от поражения электрическим током при замене ламп и очистке арматуры, периодических осмотрах, контрольных измерениях освещённости, измерениях изоляции, текущих ремонтах и ревизиях.

Для защиты людей от поражения электрическим током при прямом или косвенном прикосновении к токоведущим элементам осветительных и облучательных установок в проекте необходимо предусмотреть устройства защитного отключения (УЗО), которые отключают электроустановки при возникновении любых аномальных токов утечки.

Работа узо основана на том, что при нормальном режиме ток фазного и рабочего нулевого проводов одинаков. При прикосновении человека к фазному проводу или к металлическому корпусу прибора или установки с нарушенной изоляцией возникает ток утечки, протекающий не по рабочему нулевому проводу, а через тело человека и землю или по защитному нулевому проводу РЕ. УЗО выявляют разность токов фазного и нулевого проводов, начиная с 5 мА. Их время срабатывания не более 0,08 с.

Выбор УЗО проводят по числу полюсов, по номинальному напряжению, номинальному току питания и току утечки. В нормальном режиме работы суммарный ток утечки сети с учётом подключаемых стационарных и переносных электроприёмников должен быть меньше $1/3$ номинального тока (утечки) УЗО. Ток утечки отдельных электроприёмников принимают из расчёта 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчёта 10 мкА на 1 м фазного провода.

Все результаты по электротехнической части должны быть сведены в расчётную схему-таблицу электрической сети, которую размещают на чертеже. Форма расчётной схемы с таблицей приведена на рисунке 3.2.

3.8 Спецификация

Проект любой электротехнической установки заканчивают сметно-финансовым расчётом. При учебном проектировании сметно-финансовые расчёты ограничивают спецификацией. Спецификацию на оборудование и материалы для проектируемого помещения составляют по стандартной форме.

Перечень элементов в спецификации должен начинаться с крупных узлов и оборудования (щитки, понижающие осветительные трансформаторы, автоматы, реле и т. д.), включать все элементы осветительной установки и заканчиваться такими, как изоляционные материалы, металлические и монтажные изделия (коробки, скобы, дюбели и т. д.).

4 Оформление курсовой работы

Расчётно- пояснительная записка должна быть напечатана на формате А4. Титульный и заглавный листы записки оформляют в соответствии с ГОСТ 2.105-79, а каждую страницу – на основании требований ЕСКД (ГОСТ 2.104-68, ГОСТ 2.108-68). На странице наносят рамку, отстоящую от края листа на 20 мм слева и на 5 мм справа снизу и сверху. Текст от рамки должен отстоять на 5 мм слева, на 3...5 мм справа и на 10 мм сверху и снизу. На заглавном листе вдоль нижней стороны рамки располагают основную надпись.

Все справочные и нормативные материалы должны иметь ссылку на литературные источники. Для этого в тексте в квадратных скобках указывают порядковый номер источника по списку литературы.

Все расчёты в пояснительной записке приводят так: дают расчётную формулу с пояснениями входящих в неё величин, затем подставляют их численные значения и получают результат. При необходимости расчёт должен быть проиллюстрирован эскизом [1].

Графическую часть выполняют, используя условные обозначения из ГОСТ 21.614-88, ГОСТ 2.755-87 и ГОСТ 21.608-84. Наиболее часто употребляемые в работах по освещению условные графические обозначения элементов электрически схем приведены в приложении. При этом строительную часть плана и разреза помещений и таблицу надписей расчётной схемы вычерчивают линиями в 2...3 раза меньшей толщины, чем электрические и светотехнические элементы. Пример выполнения элементов графической части приведен на рисунке 5.2.

5 Пример выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы начинается с введения. В нём описываются вопросы по проектированию освещения, цели, задачи курсовой работы.

С процессом проектирования непосредственно связано также понятие инженерного проекта. Среди требований, предъявляемых к оптимальному проекту, можно выделить:

- минимальные затраты на его реализацию;
- максимальное удобство эксплуатации объекта;
- применение типовых стандартных узлов;
- избежание лишней детализации и повторений представления материалов.

Целью данной курсовой работы является проектирование освещения в помещении.

Процесс проектирования осуществляется в два этапа. Отправной точкой является - техническое задание. Техническое задание – совокупность сведений о назначении объекта, основных требованиях, предъявляемых к проекту, основных показателях и характеристиках объекта. Курсовая работа состоит из светотехнического и электротехнического расчётов.

В работе рассчитываем освещение трёх помещений. В примере показываем расчет только одного - лаборатории, остальные аналогично. Размеры помещения 6000x5000x3500 мм.

5.1 Светотехнический расчет освещения

Светотехнический расчёт освещения ведется в следующей последовательности:

- выбор источника света;
- выбор вида и системы освещения;
- выбор освещенности и коэффициента запаса;
- выбор типа светильника;
- размещение светильников в помещении;
- определение мощности источников света.

5.1.1. Определение основных параметров освещения аккумуляторной

Выбор источников света. Для помещения высотой 3,5 метров выбираем люминесцентные лампы.

Выбор вида и системы освещения. Выбираем систему общего освещения. Светильники одного типа и мощности устанавливаются равномерно по всему помещению и на одинаковой высоте.

Аварийное освещение для продолжения работы должно устанавливаться в помещениях, в которых внезапное отключение рабочего освещения может привести к тяжелым последствиям для людей и технологического оборудования.

Эвакуационное (аварийное) освещение необходимо для создания условий безопасного выхода людей при погасании рабочего освещения. Для этого в местах прохода людей освещенность должна составлять не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытых территориях.

При системе общего освещения – освещенность 300 лк.

Выбираем коэффициент запаса $K_z > 1$, который учитывает факторы, приводящие к снижению освещенности рабочей поверхности с течением времени: уменьшение светового потока ламп по мере их старения, загрязнение арматуры ламп, общее загрязнение стен и потолков помещения. Коэффициенты запаса установлены с учетом количества чисток в год световых проемов и светильников.

Выбор типа светильника. Выбор светильников должен производиться с учетом требований к качеству освещения, экономических показателей, условий окружающей среды.

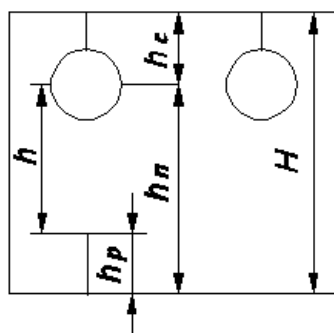
Вопросы качества освещения, а также его экономические показатели решаются при выборе типа светильника с учетом его ряда показателей: характера светораспределения, формы кривой силы света, типа источника света, способа установки, защиты от воздействия внешней среды, целевому назначению и т. д.

Предварительно выбираем светильник ЛСП02

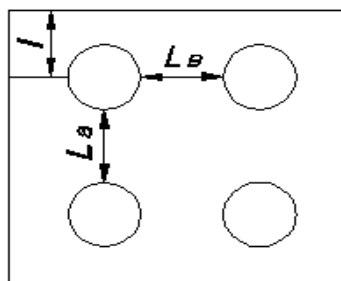
5.1.2 Расположение светильников

Основная задача проектирования осветительной установки – это обеспечение заданного уровня освещенности и необходимого качества освещения при наименьшей установленной мощности. Решение задачи зависит от светораспределения применяемых светильников и их размещения на плане помещения.

Размещение светильников на плане и в разрезе помещения определяется следующими размерами:



а)



б)

Рисунок 5.1 - Схема размещения светильников (а) в разрезе (б) на плане: h – высота помещения; h_c – высота свеса светильника; h_{pn} – высота рабочей поверхности; $h_n = h - h_c$ – высота подвеса светильника над полом; h_p – расчетная высота; L – расстояние между соседними светильниками или рядами светильников.

$$h_p = h - h_c - h_{pn}$$

Для подвесных светильников $h_c = 0,3 \dots 0,5$ м, а для плафонов и встроенных светильников $h_c = 0,2$ м. Принимаем $h_c = 0,5$ м, тогда:

$$h_n = H - h_c = 3,5 - 0,5 = 3 \text{ м}$$

$$h = H - h_c - h_p = 3,5 - 0,5 - 1 = 2 \text{ м}$$

Для каждого типа светильника определено наивыгоднейшее отношение расстояния между светильниками или рядами светильников к расчётной высоте $\lambda = L / h$, а $L_a / L_e \leq 1,5$, уменьшение их приводит к удорожанию осветительной установки и усложнению её обслуживания, а чрезмерное увеличение – к резкой неравномерности освещения и возрастание расходов энергии.

Таблица 5.1 – Значения λ в зависимости от типа кривой силы света.

Тип кривой силы света	Наивыгоднейшее λ
Концентрированная	0,6
Глубокая	0,9
Косинусная	1,4
Равномерная	2
Полуширокая	1,6

Рекомендуемое значение λ для выбранного светильника с косинусной кривой силой света: $\lambda = 0,6$.

Находим расстояние между светильниками в ряду:

$$L = \lambda \cdot h_p = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ м}$$

Число светильников в ряду N_a и число рядов светильников N_e определяют по формулам:

$$N_a = a / L,$$

$$N_e = e / L;$$

где a и e – длина и ширина помещения, м.

Дробные значения N_a и N_e округляют до целого большего числа. Если рабочие поверхности расположены у стен, то расстояние между стеной и крайним рядом светильников рекомендуют брать $0,5 L$.

$$N_a = a / L = 6 / 1,4 = 4,28 \text{ светильников.}$$

$$N_e = e / L = 5 / 1,4 = 3,57 \text{ ряда.}$$

Количество светильников и рядов округляем до 4.

Общее количество светильников в помещении $N = N_a \cdot N_e = 4 \cdot 4 = 16$ светильников.

5.1.3 Расчет методом коэффициента использования светового потока

Световой поток ламп Φ (лм) в каждом светильнике, необходимый для создания заданной освещенности E_H , определяется:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot K_z \cdot F \cdot Z}{N \cdot \eta},$$

где K_z – коэффициент запаса, F – площадь освещаемой поверхности (м^2), $Z = \frac{E_{CP}}{E_H}$ – коэффициент минимальной освещенности ($Z = 1,1$ для люминесцентных ламп); E_{CP} – средняя освещенность (лк), E_H – нормируемая освещенность (лк), N – число светильников; η – коэффициент использования светового потока.

Выбираем светильник типа ЛПО 78 2x40-01, со степенью защиты IP20. Тип КСС – концентрированная.

Чтобы определить коэффициент использования светового потока, необходимо найти величину индекса помещения по формуле:

$$i = \frac{a \cdot e}{h_p \cdot (a + e)} = \frac{5 \cdot 6}{1 \cdot (5 + 6)} = 2,73$$

Этой величине соответствует значение $\eta = 0,53$. Найдем световой поток ламп:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot K_z \cdot F \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,53} = 1751 \text{ лм}$$

По световому потоку принимаем люминесцентную лампу типа ЛД30 мощностью $P_H = 30$ Вт, со световым потоком $\Phi_H = 1640$ лм.

При сравнении номинального и расчётного световых потоков они не должны отличаться более, чем на 20% и меньше -10%.

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_H - \Phi_p}{\Phi_H} \cdot 100\% = \frac{1640 - 1751}{1640} \cdot 100\% = -6,8\%$$

Условие выполняется.

Мощность всей осветительной установки определяем умножением числа светильников на мощность одной лампы в светильнике:

$$P = 16 \cdot 30 \cdot 2 = 960 \text{ Вт} = 0,96 \text{ кВт.}$$

5.1.4 Расчет методом удельной мощности

Этот метод разработан на основе метода коэффициента использования светового потока, дает более простое решение задачи, но и менее точное. Чаще всего применяется для ориентировочных, предварительных расчетов. Основная расчетная формула для определения мощности ламп:

$$P = P_{уд} \cdot F, \text{ Вт}$$

где $P_{уд}$ - удельная мощность (Вт/м²), F – площадь сечения (м²).

Удельную мощность находим из таблицы [] или можем найти по формуле:

$$P_{уд} = P_{уст} / F = 960 / 30 = 32 \text{ Вт/м}^2.$$
$$P = 32 \cdot 30 = 960 \text{ Вт}$$

В итоге выбираем светильник типа ЛПО 78 2х40-01, со степенью защиты IP20. Тип КСС – концентрированная.

5.1.5. Расчет количества светильников аварийного освещения

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

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

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

$$E_{н(ав)} = 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ лк}$$

Для аварийного освещения выбираем светильник НСП17-200-324 с лампой накаливания мощностью 200 Вт и типом цоколя E27. Степень защиты светильника IP54. Тип КСС – Г.

Величине индекса помещения $i = 2,73$ соответствует значение коэффициента использования $\eta = 0,53$.

$$N_{ав} = \frac{15 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{1452 \cdot 0,53} = 0,96 \approx 1 \text{ лампа}$$

Мощность всей осветительной установки аварийного освещения определяем умножением числа светильников на мощность одной лампы в светильнике:

$$P = 1 \cdot 200 = 200 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт}$$

Над выходом из помещения размещаю информационную табличку «Выход»

Таблица 5.2 – Светотехническая ведомость.

Лаборатория		Характеристика помещения					
		Наименование		Коэффициен т отражения %			
Нормальный	Площадь, м²	Высота, м	Класс по среде	Потолка	Стен	Пола	
	30	3,5					
	70	50					20
	Аварийное	Рабочее					Вид освещения
—	Общее	Система освещения					
—	Ivб	Класс и подкласс, разряд и подразряд работ					
15	300	Норма освещенности					
1,5	1,5	Коэффициент запаса					
НСП17-200-324	ЛПО 78 2x40-01	Тип	Светильн ик				
		Число					
	Г220-200	ЛБ80	Тип	Лампа			
200	80	Мощность, Вт					
200	640	Установленная мощность освещения, Вт					
0,8	2,6	Удельная мощность осветит. нагрузки, Вт/м²					

Далее аналогично рассчитывают следующие два помещения.

5.2 Электрический расчет освещения

5.2.1 Выбор напряжения и источников питания

Выбор напряжения для осветительной установки производится одновременно с выбором напряжения для силовых потребителей с учетом требований безопасности и экономичности.

Для светильников общего освещения рекомендуется напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали.

Напряжение аварийного освещения принимаем 220 В.

Питание осветительной установки осуществляется от встроенной подстанции с 2 трансформаторами мощностью каждого 1000кВА.

Коэффициент загрузки трансформаторов – 0,9; коэффициент мощности – 0,85.

5.2.2 Выбор схемы питания осветительной установки

Требования к надежности питания, качеству напряжения, удобству и безопасности эксплуатации, а также экономичности осветительных установок могут быть удовлетворены выбором соответствующей схемы питания.

Электроснабжение рабочего освещения выполняется самостоятельными линиями от щитов подстанции. Аварийное освещение для продолжения работы, а также аварийное освещение для эвакуации людей из производственных зданий без естественного света, и взрывоопасных зданий основного производства должно присоединяться к источникам питания, независимым от источников питания рабочего освещения.

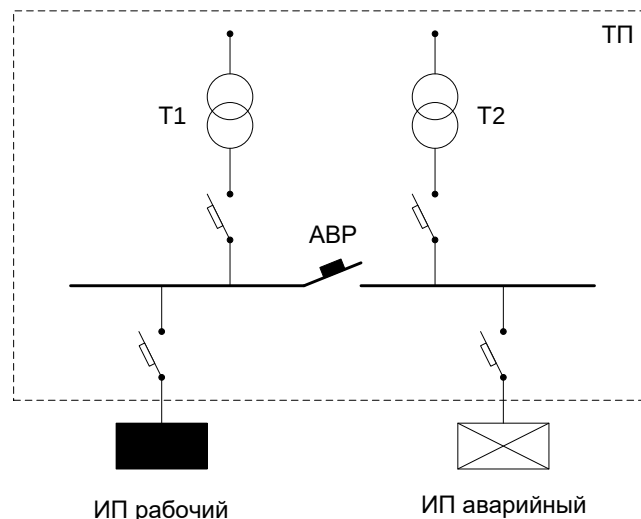


Рисунок 5.2 - Схема питания.

5.2.3 Выбор марки, способа прокладки и сечения проводов осветительной сети

Марку проводов осветительной сети и способ их прокладки определяют в соответствии с условиями окружающей среды.

Для нормального характера окружающей среды выбираю провод марки ВВГ (с медной жилой; изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова).

Для обеспечения необходимого уровня напряжения расчет осветительной сети производят исходя из допустимой потери напряжения. Для неразветвленной осветительной сети сечение определяется по формуле:

$$S = \frac{M}{C \cdot \Delta U\%},$$

где M – момент нагрузки, кВт·м; C – коэффициент, зависящий от напряжения, схемы питания и проводника; ΔU – допустимая потеря напряжения в осветительной сети, т. е. потеря напряжения на участке от источника питания (обычно шин низкого напряжения ТП) до наиболее удаленной лампы.

Для номинального напряжения 380/220 В и медных проводов коэффициент $C = 72$

Допустимая потеря напряжения в % рассчитывается по формуле:

$$\Delta U = 105 - U_{\min} - \Delta U_T,$$

где 105 – напряжение XX на вторичной стороне трансформатора, %; $U_{\min}$ – наименьшее напряжение, допускаемое у источника питания, % ($U_{\min}=0,95$); ΔU_T – потери напряжения в трансформаторе, %.

При $\cos\varphi = 0,85$, коэффициенте загрузке $\beta = 0,9$ и мощности трансформатора $S = 1000$ кВА, потери напряжения в трансформаторе $\Delta U_T = 3,2$ %. Тогда:

$$\Delta U = 105 - 95 - 3,2 = 6,8\%$$

Расчёт моментов нагрузки выполняем в соответствии с расчётной схемой сети. Длину участков принимаем с учётом спусков и подъёмов. Определяем моменты для всех участков сети:

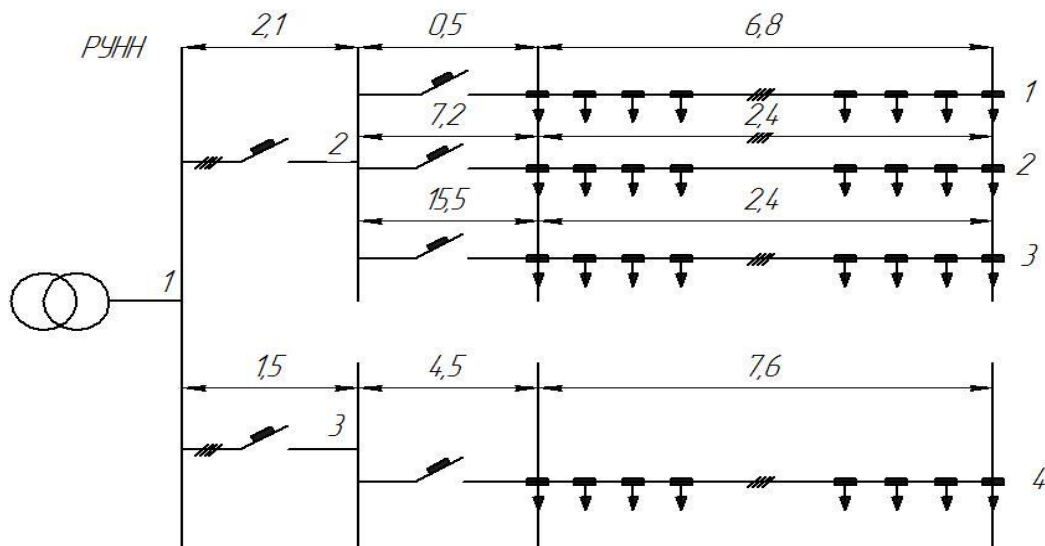


Рисунок 5.3 - Схема для расчета моментов сети.

Для каждого участка n-n:

$$P_{n-n} = N \cdot P_{\text{л}} \cdot K_{\text{ПРА}},$$

где N – число светильников в ряду, $P_{\text{л}}$ – мощность ламп в светильнике, $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент ПРА (для ламп типа ДРИ $K_{\text{ПРА}}=1,1$; для люминесцентных ламп $K_{\text{ПРА}}=1,2$).

$$P_{2-1} = 4 \cdot 0,4 \cdot 1,2 = 1,92 \text{ кВт}$$

$$P_{2-2} = 2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ кВт}$$

$$P_{2-3} = 2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ кВт}$$

$$P_{3-4} = 3 \cdot 0,2 \cdot 1 = 0,6 \text{ кВт}$$

Находим моменты участков по формуле:

$$M_{n-n} = P_{n-n} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2} \right), \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

где P_{n-n} – мощность ламп в линии n-n (кВт), l_0 – длина начального участка (м), l – длина линии (м).

$$M_{2-1} = P_{2-1} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2} \right) = 1,92 \cdot \left(0,5 + \frac{6,8}{2} \right) = 8 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-2} = P_{2-2} \cdot (l_0 + \frac{l}{2}) = 0,96 \cdot (7,2 + \frac{2,4}{2}) = 9 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-3} = P_{2-3} \cdot (l_0 + \frac{l}{2}) = 0,96 \cdot (15,5 + \frac{2,4}{2}) = 16 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$m_{3-4} = P_{3-4} \cdot (l_0 + \frac{l}{2}) = 0,6 \cdot (4,5 + \frac{7,6}{2}) = 5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{1-2} = \sum P_{1-2} \cdot l_0 = 44,75 \cdot 2,1 = 93 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{1-3} = \sum P_{1-3} \cdot l_0 = 7,1 \cdot 1,5 = 11 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Сечение S (мм^2) проводов сети, у которой на магистральных участках и ответвлениях различное число проводов, находятся по формуле:

$$S_{1-2(3)} = \frac{\sum M + \alpha \sum m}{C \cdot \Delta U} = \frac{104 + 1,39 \cdot 5}{72 \cdot 6,8} = 2 \text{ мм}^2$$

По рассчитанному значению выбираем кабель ВВГ 3х10 + 1х4 + 1х2,5 (ГОСТ16442-80):

Кабель с медной жилой; изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова с тремя основными жилами сечением 2,5 мм^2 , одной нулевой жилой сечением 1,5 мм^2 и одной жилой заземления сечением 1,5 мм^2 .

Действительные потери напряжения на участках 1-2 и 1-3:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot S_{1-2(3)}} = \frac{93 \text{ кВт} \cdot \text{м}}{72 \cdot 10 \text{ мм}^2} = 0,13\%$$

$$\Delta U_{1-3} = \frac{M_{1-3}}{C \cdot S_{1-2(3)}} = \frac{11 \text{ кВт} \cdot \text{м}}{72 \cdot 10 \text{ мм}^2} = 0,01\%$$

Тогда потери в участках составят:

$$\Delta U_{2-(1-3)} = \Delta U - \Delta U_{1-2} = 6,8 - 0,13 = 6,65\%$$

$$\Delta U_{3-4} = \Delta U - \Delta U_{1-3} = 6,8 - 0,01 = 6,79\%$$

По этим потерям находим сечения соответствующих участков:

$$S_{2-1} = \frac{M_{2-1}}{C \cdot \Delta U} = \frac{8}{72 \cdot 6,8} = 0,02 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{C \cdot \Delta U} = \frac{9}{72 \cdot 6,8} = 0,03 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-3} = \frac{M_{2-3}}{C \cdot \Delta U} = \frac{16}{72 \cdot 6,8} = 0,05 \text{ мм}^2$$

$$S_{3-4} = \frac{m_{3-4}}{C \cdot \Delta U} = \frac{5}{72 \cdot 6,8} = 0,01 \text{ мм}^2$$

Согласно ГОСТ16442-80, для всех участков принимаем: сечения основных жил 1,5 мм², сечения нулевых жил 1,5 мм², сечения жил заземления 1 мм².

Выбираем кабель ВВГ 3х1,5 + 1х1,5 + 1х1 для участков 2-1 » 2-3 и кабель ВВГ 1х1,5 + 1х1,5 + 1х1 для участка 3-4.

5.2.4 Проверка выбранного сечения на нагрев по допустимому току

Принятые к исполнению провода проверяем на нагрев по условию:

$$I_{po} \leq I_{доп},$$

где I_{po} - расчётный ток провода, А; $I_{доп}$ - длительно допустимый ток, А.

Расчётный ток для трёхфазной (питающей) сети:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi} = \frac{4,01}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 7,1 \text{ А}$$

где $U_{л}$ - линейное напряжение сети, $\cos \varphi$ - коэффициент мощности.

Для трехжильного медного кабеля сечением $S = 2,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{доп} = 28 \text{ А}$; $28 \text{ А} > 7,1 \text{ А} \Rightarrow$ условие выполняется.

Для участка 1 - 3:

Расчётный ток для однофазной сети:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{U_{ф} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,57}{0,22 \cdot 0,85} = 3,05 \text{ А}$$

Для трехжильного медного кабеля сечением $S = 2,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{доп} = 28 \text{ А}$; $28 \text{ А} > 3,05 \text{ А} \Rightarrow$ условие выполняется.

Для участков 2 – 1
Расчётная нагрузка:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos\varphi} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 3,6 \text{ A}$$

Для трехжильного медного кабеля сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{\text{доп}} = 21 \text{ A}$; $21 \text{ A} > 3,6 \text{ A} \Rightarrow$ условие выполняется.

Для участка 2 – 2:
Расчётная нагрузка:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 1,9 \text{ A}$$

Для трехжильного медного кабеля сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{\text{доп}} = 21 \text{ A}$; $21 \text{ A} > 1,9 \text{ A} \Rightarrow$ условие выполняется.

Для участка 2 – 3:
Расчётная нагрузка:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 1,9 \text{ A}$$

Для трехжильного медного кабеля сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{\text{доп}} = 21 \text{ A}$; $21 \text{ A} > 1,9 \text{ A} \Rightarrow$ условие выполняется.

Для участка 3 – 4:
Расчётная нагрузка:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos\varphi} = \frac{0,57}{0,22 \cdot 0,85} = 3,05 \text{ A}$$

Для одножильного медного кабеля сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$ с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката значение $I_{\text{доп}} = 29 \text{ A}$; $29 \text{ A} > 3,05 \text{ A} \Rightarrow$ условие выполняется.

5.2.5 Защита осветительной сети и выбор аппаратов защиты

Все осветительные установки должны быть защищены от коротких замыканий. Защита от перегрузки применяется в следующих случаях: в сетях жилых и общественных зданий; служебно-бытовых, пожаро- и взрывоопасных помещениях промышленных зданий; взрывоопасных установках наружного освещения.

Защита осуществляется плавкими предохранителями или автоматическими выключателями (автоматами) с тепловыми или комбинированными расцепителями.

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

- напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и расчетному длительному току цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать, по возможности, наименьшими по расчетным токам этих участков сети. Аппараты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации, например, при одновременном включении группы ламп;
- аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение одно- и многофазных замыканий в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- должна быть обеспечена, по возможности, селективность действия защиты.

Защиту выполняем расцепителями автоматических выключателей.

Расчетный ток для выбора аппарата защиты:

для ламп ДРИ $I_p = 1,3 \cdot I_{расч}$;

для ЛЛ $I_p = I_{расч}$;

для ЛН $I_p = I_{расч}$.

- принимаем автоматический выключатель ВА88-35 с $I_{ном}=10$ А;
- принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р с $I_{ном}=4$ А;
- принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р с $I_{ном}=5$ А;
- принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р с $I_{ном}=3$ А;
- принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р с $I_{ном}=3$ А;
- принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р с $I_{ном}=4$ А.

Для приема и распределения электроэнергии, а также для защиты отходящих линий выбираем шкаф распределительный серии типа ПР-2-0 36 УХЛ IP31.

ПР – марка корпуса

2 – габарит корпуса 1140х650х180. Количество вводов 2

0 – номер разработки

3 – тип покрытия

6 – цвет краски

УХЛЗ – климатическое исполнение по ГОСТ15150-69

IP31 – степень защиты по ГОСТ 14254-96

5.3 Рекомендации по монтажу и мероприятия по технике безопасности

Монтаж осветительной установки в помещении в целом и ее отдельных элементов должны выполняться в строгом соответствии с проектом.

Монтаж элементов и узлов установки должен выполняться с применением приспособлений и устройств, обеспечивающих безопасность производства монтажных работ и указанных в проектной документации.

К выполнению монтажных работ допускаются лица прошедшие обучение и проверку знаний по технике безопасности при производстве электромонтажных работ. Обслуживание осветительной установки может производиться только при снятом напряжении или иных организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ. Обслуживание узлов установки в верхней зоне цеха должно осуществляться с применением устройств для безопасного производства работ на высоте. Корпуса светильников, щитков должны быть заземлены путем соединения их с нулевым проводом сети. Защитное заземление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ и люминесцентными с вынесенными пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять при помощи перемычки между заземляющим винтом заземленного пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника.

Таблица 5.3 - Перечень мероприятий по обслуживанию проектируемой осветительной сети.

Операция	Периодичность проверки	Пояснение
1. Ремонт электрооборудования и сетей:		
Капитальный	Не реже 1 раза в год	Сроки устанавливает ответственный за электрохозяйство
Текущий	То же	Производят между капитальными ремонтами
2. Осмотр и чистка оборудования и сетей	Не реже 1 раза в 3 месяца	Проводят в сроки в зависимости от местных условий
3. Проверка		
Автоматов и системы аварийного освещения	Не реже 1 раза в 3 месяца в дневное время	При отключении общего освещения от питающей сети автомат должен включить аварийное освещение от независимого источника питания
Стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения	1 раз в год	Проверяют соответствие номинальных токов расцепителей и плавких вставок расчетным

Изоляции проводов и кабелей	1 раз в 3 года	Производят измерение нагрузок и напряжений в узловых и конечных точках. Проводят испытание и измеряют сопротивление изоляции
4. Чистка ламп и осветительной арматуры	Сроки определяют в зависимости от местных условий	Одновременно проверяют наличие в светильниках стекол, решеток, сеток, состояние уплотнений в светильниках специального исполнения и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовой работе по дисциплине «Светотехника и электротехнологии» в первой светотехнической части были рассмотрены вопросы выбора системы освещения, нормируемой освещённости, источников света, светильников. Были размещены светильники в аккумуляторной, помещении для ремонта аккумуляторов, складском помещении и произведён электрический расчёт системы освещения.

Во второй электротехнической части выбрано и обосновано напряжение питания для комбинированной сети; выбрана схема питания и способ прокладки кабелей; марки кабелей от магистрального, и между приёмниками. Был произведён расчёт сечения проводников по нагреву и потере напряжения, выбраны тип подстанции, коммутационных аппаратов и выключателей.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 – Относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного наблюдателя.

Длина волны, нм	Дневное зрение	Ночное зрение	Длина волны, нм	Дневное зрение	Ночное зрение
380	0,00004	0,00059	580	0,8700	0,1212
385	0,00006		585	0,8163	
390	0,00012	0,00221	590	0,7570	0,0655
395	0,00022		595	0,6949	
400	0,00040	0,00929	600	0,6310	0,03315
405	0,00064		605	0,5668	
410	0,00120	0,03484	610	0,5030	0,01593
415	0,00218		615	0,4412	
420	0,00400	0,0966	620	0,3810	0,00787
425	0,00726		625	0,3210	
430	0,0116	0,1998	630	0,2650	0,00334
435	0,0168		635	0,2170	
440	0,0230	0,3281	640	0,1750	0,00149
445	0,0298		645	0,1382	
450	0,0380	0,455	650	0,1070	0,00068
455	0,0480		655	0,0816	
460	0,0600	0,567	660	0,0610	0,00031
465	0,0739		665	0,0446	
470	0,0910	0,676	670	0,0320	0,00015
475	0,1126		675	0,0232	
480	0,1390	0,793	680	0,0170	0,00007
485	0,1693		685	0,0119	
490	0,2080	0,904	690	0,00820	0,000035
495	0,2586		695	0,00573	
500	0,3230	0,982	700	0,00410	0,000018
505	0,4073		705	0,00291	
510	0,5030	0,997	710	0,00210	0,000009
515	0,6083		715	0,00148	
520	0,7100	0,935	720	0,00105	0,000005
525	0,7932		725	0,00074	
530	0,8620	0,811	730	0,00052	0,000002
535	0,9149		735	0,00036	
540	0,9540	0,650	740	0,00025	0,000001
545	0,9803		745	0,00017	
550	0,9950	0,481	750	0,00012	-
555	1,000		755	0,00008	
560	0,9950	0,3288	760	0,00006	-
565	0,9786		765	0,00004	
570	0,9520	0,2076	770	0,00003	-
575	0,9154		780	0,000015	

Таблица 2 – Относительная спектральная эритемная эффективность излучения.

λ , нм	$K(\lambda)_э$	λ , нм	$K(\lambda)_э$	λ , нм	$K(\lambda)_э$
285	0,09	300	0,83	315	0,018
289	0,25	302	0,55	320	0,01
290	0,31	305	0,33	325	0,007
295	0,98	310	0,11	330	0,005
297	1,00	313	0,03	334	0,004

Таблица 3 – Относительная спектральная бактерицидная эффективность излучения.

λ , нм	$K(\lambda)_б$	λ , нм	$K(\lambda)_б$	λ , нм	$K(\lambda)_б$	λ , нм	$K(\lambda)_б$
220	0,25	260	0,99	289	0,31	305	0,03
230	0,40	265	0,96	290	0,30	310	0,013
240	0,63	270	0,87	295	0,17	313	0,008
248	0,84	275	0,72	297	0,13	315	0,006
250	0,91	280	0,58	300	0,06	320	0,004
254	1,00	285	0,43	302	0,045	325	0,0025

Таблица 4 – Относительная спектральная фотосинтезная эффективность излучения.

λ , нм	$K(\lambda)_ф$	λ , нм	$K(\lambda)_ф$	λ , нм	$K(\lambda)_ф$	λ , нм	$K(\lambda)_ф$
300	0	420	0,567	540	0,350	660	0,958
310	0,405	430	0,578	550	0,348	670	0,975
320	0,440	440	0,574	560	0,342	680	1,000
330	0,463	450	0,488	570	0,381	690	0,676
340	0,478	460	0,488	580	0,504	700	0,251
350	0,486	470	0,450	590	0,570	710	0,125
360	0,495	480	0,405	600	0,568	720	0,074
370	0,514	490	0,373	610	0,552	730	0,049
380	0,528	500	0,385	620	0,694	740	0,025
390	0,540	510	0,322	630	0,797	750	-
400	0,552	520	0,441	640	0,788	760	-
410	0,560	530	0,380	650	0,864	770	-

Таблица 5 – Параметры ламп накаливания общего назначения.

Тип лампы	Расчётное напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Габаритные размеры, мм			Тип цоколя
				диаметр	длина	высота центра	
B125-135-15	130	15	135	61	105	80	E27
B215-225-15	220	15	105	61	105	80	E27
B220-230-15	225	15	105	61	105	80	E27
B230-240-15	235	15	100	61	105	80	E27
B125-130-25	130	25	260	61	105	80	E27
B215-225-25	220	25	220	61	105	80	E27
B220-230-25	225	25	230	61	105	80	E27
B230-240-25	235	25	225	61	105	80	E27
B125-135-40	130	40	485	61	110	80	E27

БК125-135-40	130	40	520	51	98	80	E27
Б215-225-40	220	40	415	61	110	80	E27
БК215-225-40	220	40	460	51	98	80	E27
Б220-230-40	225	40	415	61	110	80	E27
БК220-230-40	225	40	460	51	98	80	E27
Б230-240-40	235	40	410	61	110	80	E27
БК230-240-40	235	40	450	51	98	80	E27
Б125-135-60	130	60	810	61	110	80	E27
БК125-135-60	130	60	875	51	98	80	E27
Б215-225-60	220	60	715	61	110	80	E27
БК215-225-60	220	60	790	51	98	80	E27
Б220-230-60	225	60	715	61	110	80	E27
БК220-230-60	225	60	790	51	98	80	E27
Б230-240-60	235	60	705	61	110	80	E27
БК230-240-60	235	60	775	51	98	80	E27
Б235-245-60	240	60	700	61	110	80	E27
Б215-225-75	220	75	950	61	110	80	E27
БК215-225-75	220	75	1020	56	105	80	E27
Б220-230-75	225	75	950	61	110	80	E27
Б230-240-75	235	75	935	61	110	80	E27
Б125-135-100	130	100	1540	61	110	80	E27
БК125-135-100	130	100	1630	56	105	80	E27
Б215-225-100	220	100	1350	61	110	80	E27
БК215-225-100	220	100	1450	56	105	80	E27
Б220-230-100	225	100	1350	61	110	80	E27
БК220-230-100	225	100	1450	56	105	80	E27
Б230-240-100	235	100	1335	61	110	80	E27
БК230-240-100	235	100	1430	56	105	80	E27
Б235-245-100	240	100	1330	61	110	80	E27
Г125-135-150	130	150	2280	71	137	100	E27
Б215-225-150	220	150	2100	71	137	100	E27
Г215-225-150	220	150	2090	71	137	100	E27
Г220-230-150	225	150	2090	71	137	100	E27
Г230-240-150	235	150	2065	71	137	100	E27
Г235-245-150	240	150	2060	71	137	100	E27
Г125-135-200	130	200	3200	81	166,5	128	E27
Б215-225-200	220	200	2920	81	166,5	128	E27
Г215-225-200	220	200	2920	81	166,5	128	E27
Г220-230-200	225	200	2920	81	166,5	128	E27
Г230-240-200	235	200	2890	81	166,5	128	E27
Г125-135-300	130	300	4900	91	189	133	E27, E40
Г215-225-300	220	300	4610	91	189	133	E27, E40
Г220-230-300	225	300	4610	91	189	133	E27, E40
Г230-240-300	235	300	4560	91	189	133	E27, E40
Г125-135-500	130	500	8700	111	240	178	E40
Г215-225-500	220	500	8300	111	240	178	E40
Г220-230-500	225	500	8300	111	240	178	E40
Г230-240-500	235	500	8225	111	240	178	E40
Г215-225-750	220	750	13100	151	309	225	E40
Г220-230-750	225	750	13100	151	309	225	E40
Г125-135-1000	130	1000	19100	151	309	225	E40

Г215-225-1000	220	1000	18600	151	309	225	E40
Г220-230-1000	225	1000	18600	151	309	225	E40
Г230-240-1000	235	1000	18450	151	309	225	E40

Таблица 6 – Зависимость параметров ламп накаливания от подводимого напряжения (% от номинальных значений).

Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт	Сопротивление, Ом	Световой поток, лм	Световая отдача	Срок службы, ч
50	69	34	74	6,5	19	-
55	72	40	76	10	25	-
60	76	46	78	14,5	31	-
65	79	52	81	20,5	39	-
70	83	58	84	27	47	-
75	86	64	88	35	55	-
80	89	71	90	45	63	-
85	92	78	93	56	72	1000
90	95	85	95	70	82	500
92	96	88	96	75	85	350
94	97	91	97	81	89	260
96	98	94	98	86	92	200
98	99	97	99	93	96	130
100	100	100	100	100	100	100
102	101	103	101	107	104	75
104	102	107	102	115	107	60
106	103	110	102	122	111	40
108	104	114	103	129	113	30
110	105	117	103	137	117	23
115	108	125	105	157	126	13
120	110	133	106	178	134	8
125	113	142	107	200	141	4...5
135	115	150	107	220	147	2...3

Таблица 7 – Параметры кварцевых галогенных ламп накаливания.

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
						длина	диаметр
Для общего освещения							
КГ220-1000-5	220	1000	22000	-	2000	189	10,75
КГ220-1500	220	1500	33000	-	2000	254	10,75
КГ220-2000-4	220	2000	44000	-	2000	335	10,75
КГ220-5000-1	220	5000	110000	-	3000	520	20
КГ220-10000-1	220	10000	220000	-	1300	675	26
КГ220-20000-1	220	20000	440000	-	1000	890	36
Для лучистого нагрева							
КГТ220-600	220	600	-	2000	2000	500	12
КГТ220-1000	220	1000	-	2600	2000	500	12
КГТ220-1650	220	1650	-	2400	2000	427	17

КГТ220-2200	220	2200	-	2600	5000	500	12
КГТ380-3300	380	3300	-	2600	5000	750	12
КГТД220-1000	220	1000	-	2400	2000	500	12
КГТО220-2500	220	2500	-	2650	1500	500/140	12
КГТО380-3550	380	3550	-	2550	2000	755/140	12

Таблица 8 - Параметры инфракрасных зеркальных ламп накаливания.

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Цветовая температура, К	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
					длина	диаметр
ИКЗК127-250	127	250	2350±100	6000	130	185
ИКЗС1237-250-1	127	250	2350±100	6000	130	185
ИКЗ127-250	127	250	2350±100	6000	130	215
ИКЗ127-500	127	500	2350±100	6000	130	267
ИКЗ127-500-1	127	500	2350±100	6000	130	195
ИКЗК220-250	220	250	2350±100	6000	130	185
ИКЗС220-250-1	220	250	2350±100	6000	130	185
ИКЗ220-250	220	250	2350±100	6000	130	215
ИКЗ220-500	220	500	2350±100	6000	130	267
ИКЗ220-500-1	220	500	2350±100	6000	130	195

Примечание. Обозначение типа ламп: ИК – инфракрасная, З – зеркальная, К – красная, С – синяя.

Таблица 9 – Параметры ламп накаливания с отражающим зеркальным слоем.

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Осевая сила света, кд	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
					длина	диаметр
ЗК127-300	127	300	3500	1500	127	185
ЗК127-500	127	500	9000	1500	180	267
ЗК127-750	127	750	16800	1500	201	267
ЗК127-1000	127	1000	21800	1500	201	267
ЗК220-300	220	300	2900	1500	127	185
ЗК220-500	220	500	5050	1500	180	267
ЗК220-750	220	750	16500	1500	201	267
ЗК220-1000	220	1000	20600	1500	201	267
ЗШ220-300	220	300	1100	1250	134	250
ЗШ220-500	220	500	1980	1250	134	250
ЗШ220-750	220	750	3190	1250	162	300
ЗШ220-1000	220	1000	4950	1250	162	300

Примечание. Обозначение типа ламп: ЗК – зеркальная концентрированного светораспределения; ЗШ – зеркальная широкого светораспределения.

Таблица 10 – Параметры люминесцентных ламп низкого давления.

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Номинальный световой поток после 100 ч работы, лм	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
						длина со штырь	наружный диаметр

						ками	
ЛДЦ20	20	57	0,37	820	12000	604	40
ЛЕЦ20	20	88	0,23	865	12000	604	40
ЛД20	20	57	0,37	920	12000	604	40
ЛХБ20	20	57	0,37	950	12000	604	40
ЛТБ20	20	57	0,37	975	12000	604	40
ЛБ20	20	57	0,37	1180	12000	604	40
ЛЕ30	30	104	0,36	1350	12000	909	27
ЛДЦ30	30	104	0,36	1450	12000	909	27
ЛД30	30	104	0,36	1640	12000	909	27
ЛХБ30	30	104	0,36	1940	12000	909	27
ЛТБ30	30	104	0,36	1880	12000	909	27
ЛБ30	30	104	0,36	2100	12000	909	27
ЛБА30	30	104	0,36	2040	12000	909	27
ЛДЦ40	40	103	0,43	2100	12000	1214	40
ЛЕЦ40	40	103	0,43	2190	12000	1214	40
ЛД40	40	103	0,43	2340	12000	1214	40
ЛХБЦ40	40	103	0,43	2450	12000	1214	40
ЛХБ40	40	103	0,43	2780	12000	1214	40
ЛТБ40	40	103	0,43	2780	12000	1214	40
ЛБ40	40	103	0,43	3000	12000	1214	40
ЛБА40	40	103	0,43	3040	12000	1214	40
ЛДЦ65	65	110	0,67	3050	12000	1514	40
ЛЕЦ65	65	110	0,67	3450	12000	1514	40
ЛД65	65	110	0,67	3570	12000	1514	40
ЛХБ65	65	110	0,67	4100	12000	1514	40
ЛТБ65	65	110	0,67	4200	12000	1514	40
ЛБ65	65	110	0,67	4550	12000	1514	40
ЛДЦ80	80	102	0,865	3740	12000	1514	40
ЛД80	80	102	0,865	4070	12000	1514	40
ЛХБ80	80	102	0,865	4600	12000	1514	40
ЛТБ80	80	102	0,865	4720	12000	1514	40
ЛБ80	80	102	0,865	5220	12000	1514	40
ЛТБЦД40	40	50	0,88	1750	6000	1214	38
ЛХБР40	40	103	0,43	2080	10000	1214	40
ЛБР40	40	103	0,43	2250	10000	1214	40
ЛБР65	65	102	0,7	4200	10000	1514	40
ЛХБР80	80	102	0,865	3460	10000	1514	40
ЛБР80	80	102	0,865	4100	10000	1514	40

Таблица 11 – Параметры компактных люминесцентных ламп.

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Напряжение питания, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Максимальная длина и диаметр, мм	Тип цоколя	Срок службы, ч
Ствольчатые лампы							
2U-7	7	220	0,175	420	125; 44	E27; E14	8000
2UT-7	7	220	0,175	420	120; 44	E27; E14	8000
3UM-7	7	220	0,175	420	105; 40	E27; E40	8000
2U-12	12	220	0,16	720	158; 44	E27; E14	8000
2UT-12	12	220	0,16	720	148; 44	E27; E14	8000
3UM-12	12	220	0,16	720	120; 41	E27; E14	8000
3UM-15	15	220	0,17	900	130; 41	E27	8000
3U-15	15	220	0,17	910	148; 53	E27	8000
3U-20	20	220	0,24	1200	159; 54	E27	8000
3UT-20	20	220	0,24	1200	152; 52	E27	8000
3U-23	23	220	0,3	1380	172; 54	E27	8000
3UT-23	23	220	0,3	1380	165; 52	E27	8000
3U-26	26	220	0,31	1560	179; 58	E27	8000
4U-35	35	220	0,36	2100	195; 58	E27	8000
4U-45	45	220	0,35	2700	235; 67	E27; E40	8000
4U-55	55	220	0,5	3300	265; 82	E27; E40	8000
4U-85	85	220	0,65	4950	330; 88	E27; E40	8000
Спиральные лампы							
S-12	12	220	0,165	720	125; 41	E27; E14	8000
ST-12	12	220	0,165	760	122; 42	E27; E14	8000
Ш-12	12	220	0,165	600	126; 63	E27	8000
S-15	15	220	0,175	900	135; 41	E27; E14	8000
ST-15	15	220	0,175	960	135; 52	E27; E14	8000
Ш-15	15	220	0,175	800	135; 65	E27	8000
S-20	20	220	0,23	1200	145; 58	E27	8000
ST-20	20	220	0,24	1280	142; 58	E27	8000
Ш-20	20	220	0,21	1100	165; 100	E27	8000
S-23	23	220	0,3	1380	156; 58	E27	8000
ST-23	23	220	0,3	1480	152; 58	E27	8000
S-26	26	220	0,31	1560	165; 58	E27	8000
SP-26	26	220	0,21	1560	148; 60	E27	8000

Таблица 12 – Параметры газоразрядных источников света высокого давления.

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Номинальный ток лампы, А	Световой поток после 100 ч работы, клм	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм		Тип цоколя
						длина соштырьками	наружный диаметр	
Дуговые ртутные люминесцентные лампы								
ДРЛ50	50	95	0,5	1,8	6000	56	130	E27
ДРЛ80	80	115	0,8	3,2	10000	81	165	E27
ДРЛ125	125	125	1,25	5,4	10000	91	184	E27
ДРЛ250	250	130	2,15	12,0	12000	91	227	E40

ДРЛ400	400	135	3,25	22,0	15000	122	292	E40
ДРЛ700	700	140	5,45	37,0	12000	152	368	E40
ДРЛ1000	1000	145	7,5	56,0	12000	181	410	E40
ДРЛ2000	2000	270	8,0	120,0	6000	187	445	E40
Дуговые металлогалогенные и натриевые лампы								
ДРИ250	250	220	2,15	18,7	3000	91	227	E40
ДРИ400	400	220	3,3	34,0	6000	122	300	E40
ДРИ700	700	220	6,0	59,5	5000	122	300	E40
ДРИ1000	1000	220	4,7	90,0	3000	122	300	E40
ДРИ2000	2000	380	9,2	190,0	1500	100	440	E40
ДРИ3500	3500	380	16,0	350,0	2000	100	430	E40
ДНаТ70	70	90	1,0	5,8	6000	38	170	E27
ДНаТ100	100	100	1,2	95,0	6000	45	180	E27
ДНаТ150	150	100	1,8	14,5	6000	48	210	E40
ДНаТ210	210	125	1,1	18,0	10000	91	230	E40
ДНаТ250	250	100	2,25	23,0	10000	58	248	E40
ДНаТ360	360	130	3,1	35,0	15000	122	285	E40
ДНаТ400	400	100	3,25	50,0	15000	58	248	E40
ДНаТ700	700	380	5,45	80,0	7000	83	350	E40
ДНаТ1000	1000	380	7,5	115,0	7000	83	425	E40
Ксеноновые лампы								
ДКсТВ6000	6	220	29	220	500	18	476	Охлаждение: водяное, естественное, воздушное
ДКсТЛ5000	5	110	44	98	300	22	640	
ДКсТЛ10000	10	220	47	247	1300	36	1680	
ДКсТ20000	20	380	56	554	1300	36	2400	
ДКсТ50000	50	380	140	2230	500	42	2610	

Примечание: для ксеноновых ламп мощность дана в кВт.

Таблица 13 – Параметры газоразрядных источников ультрафиолетового излучения.

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Эритемный поток, мэр	Бактерицидный поток, мб	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
								диаметр колбы	длина лампы
Источники низкого давления									
ЛЭ15	15	127	0,33	40	300	55	5000	30	452,4
ЛЭО15	15	127	0,33	650	110	-	5000	30	452,4
ЛЭ30	30	220	0,36	110	750	125	5000	30	909
ЛЭР30	30	220	0,36	100	750	-	3000	30	909
ЛЭР40	40	220	0,43	120	1600	-	3000	40	1214
ДБ15	15	127	0,33	60	-	2500	2000	30	452,4
ДБ30	30	220	0,36	140	35	6000	3000	30	909
ДБ60	60	220	0,70	280	41	8000	2000	30	909
Источники высокого давления									
ДРВЭД220-160	160	220	0,8	2100	350	-	1500	127	190

ДРТ230	230	220	3,8	4400	2800	6200	1500	20	190
ДРТ400	400	220	3,25	7900	4750	10500	2700	22	265
ДРТ1000	1000	220	7,5	33000	16500	39500	1500	32	350

Таблица 14 – Параметры специальных источников излучения для облучения животных.

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Фитопоток, фит	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
							диаметр колбы	диаметр колбы
Источники низкого давления								
ЛФ40-1	40	220	0,43	1880	4,2	6000	40	1214
ЛФ40-2	40	220	0,43	1720	4,45	6000	40	1214
ЛБ40	40	220	0,43	3000	3,74	12000	40	1214
Источники высокого давления								
ДРЛФ400	400	220	3,25	12800	17,6	7000	152	368
ДРВ750	750	220	3,4	19500	20,0	2000	152	368
ДРФ1000	1000	220	9,0	90000	90,0	2000	208	342

Таблица 15 – Значение коэффициента перевода светового потока в фитопоток для некоторых источников света.

Тип источников света	К _ф , мфит/лм	Тип источников света	К _ф , мфит/лм
Люминесцентные лампы		ДРЛ	1,52
ЛД	1,85	ДКСТ6000	1,59
ЛХБ	1,7	Лампы накаливания	
ЛБ	1,25	100 Вт 220 В	2,7
ЛТБ	1,32	300 Вт 220 В	2,7
ДРЛФ400	1,375	40 Вт 110 В	3,03

Таблица 16 – Суточные дозы ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных.

Вид и возрастная группа животного	Суточная доза облучения, мэр·ч/м ²	Допустимая неравномерность облучения	Допустимая облученность, мэр/м ²
Коровы и быки	270...290	1,34	930
Тёлки и нетели	180...210	1,35	650
Телята старше 6 мес	160...180	1,28	570
Телята до 6 мес	120...140	1,36	430
Овцематки	245...260	1,30	440
Ягнята от трёхдневного возраста до отбивки	220...240	1,27	480
Свиньи на откорме и свиноматки	80...90	1,70	250
Поросята-отъёмыши	60...80	1,76	230
Подсосные поросята	20...25	1,50	83
Цыплята при содержании:			
в штампованных клетках	40...50	1,57	150
в сетчатых клетках	20...25	1,57	75
на полу	15...20	1,76	58

Куры-несушки при содержании:			
в клетках	20...25	1,57	75
на полу	40...50	1,57	150

Таблица 17 – Коэффициент запаса для газоразрядных источников ультрафиолетового излучения.

Параметр	Значение параметра							
Продолжительность работы, ч	0	100	200	400	600	1000	1500	2000
Коэффициент запаса	1,0	1,25	1,45	1,67	1,82	2,0	2,2	2,26

Таблица 18 – Значения коэффициентов отражения оптических излучений для различных материалов.

Материал	Коэффициент отражения излучений			
	бактерицидного	эритемного	видимого	инфракрасного
Грубо обработанный алюминий	0,4...0,6	0,45...0,65	0,45...0,7	0,5...0,7
Обработанный алюминий	0,6...0,9	0,7...0,9	0,6...0,9	0,72...0,93
Алюминиевое напыление на стекло	0,75...0,85	0,75...0,9	0,75...0,9	0,76...0,96
Алюминиевая краска	0,55...0,7	0,55...0,75	0,3...0,7	0,6...0,8
Нержавеющая сталь	0,25...0,3	0,35...0,5	0,5...0,6	0,55...0,75
Белая жемчужная	0,25...0,3	0,35...0,5	0,5...0,6	0,55...0,75

Таблица 19 – Коэффициент поглощения бактерицидного излучения водой из различных источников.

Вид источника воды	α , 1/см
Глубокие горизонты, артезианские скважины	0,10
Родники, грунтовые источники с хорошей фильтрацией, шахтные колодцы	0,15
Поверхностные источники с осветлением	0,20...0,30

Таблица 20 – Температурный режим при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.

Вид и возраст животного, сут	Оптимальная температура, °С	Вид и возраст животного, сут	Оптимальная температура, °С
Телята		Цыплята	
1...20	20...16	1...5	35...33
20...60	17...15	6...12	33...28
60...120	15...12	13...21	28...25
Поросята		Индюшата	
1...26	30...24	1...5	37...35
30	23	6...12	35...32
45	22	13...21	32...29
60	21	Гусята	
Ягнята		1...20	32...28
1...10	17...10	Утята	
		1...10	28...24

1...20	16...14	11...21	20
--------	---------	---------	----

Таблица 21 – Площадь обогреваемых зон.

Вид и возраст животного	Площадь обогреваемой зоны для животного, м ²
Телята:	
до 2 недель	1,5
старше 2 недель (групповое содержание)	15,0
Поросята-сосуны (на гнездо):	
суточные	0,5
1,5 месяцев	1,5
Ягнята (при групповом содержании)	15,0
Крольчата	1,0

Таблица 22 – Ультрафиолетовые облучатели.

Тип облучателя	Источник УФ-излучения	Число ламп	Потребляемая мощность, Вт	Напряжение в сети, В	Исполнение	Конструктивные параметры	
						габаритные размеры, мм	масса, кг
Стационарный эритемный ЭО1-30М	ЛЭЗО-1	1	40	220	Пылевлагозащищённое	1000x250x155	6
Стационарный эритемный ОЭ-1	ЛЭЗО-1	1	40	220	Незащищённое	1000x250x155	6
Стационарный эритемный ОЭ-2	ЛЭЗО-2	1	40	220	Пылевлагозащищённое	1000x250x155	6
Светильник-облучатель ОЭСР02	ЛБР40 ЛЭР40	1	100	220	Незащищённое	1350x685x190	9,5
Ртутно-кварцевый стационарный ОРК-2	ДРТ400	1	500	220	Незащищённое	340x205x215	3,7
Ртутно-кварцевый передвижной ОРК-2	ДРТ400	1	500	220	Незащищённое	340x205x215	3,7
Облучатель передвижной механизированной установки УО-4	ДРТ400	1	500	380/ 220	Незащищённое	775x450x260	4,0
Самоходная установка УОК-1 для облучения кур	ДРТ400	2	1,5	380/ 220	Незащищённое	1290x2163x830	140
Бактерицидный	ДБ30	1	40	220	Незащищённое	1000x250x155	6

ОБУ1-30					ённое		
---------	--	--	--	--	-------	--	--

Таблица 23 – Инфракрасные облучатели.

Тип ИК-облучателя	Тип источника излучения	Число ламп	Мощность, Вт	Напряжение, В	Конструктивные параметры	
					габаритные размеры, мм	масса, кг
ССП 01-250	ИКЗК220-250	1	250	220	390x330	2,4
ОСП-05-250	ИКЗК220-250	1	250	220	310x230	0,9
ССП09-250-001	ИКЗК220-250	1	250	220	310x228	0,7
ОРИ-1	ИКЗ220-500	1	500	220	340x245	1,5
ОВИ-1	ИКЗ220-500	1	500	220	320x185	1,5
ОВИ-2	ИКЗК220-250	1	250	220	320x180	1,5
«ЛатвИКО»	КИ220-1000	1	1000	220	400x250x220	2,5
ОЭИ-500	ИКЗК220-250	2	500	220	470x250x400	4,0

Таблица 24 – Облучатели комбинированных установок.

Тип облучателя установки	Тип источника излучения	Число ламп	Мощность, Вт	Напряжение, В	Конструктивные параметры	
					габаритные размеры, мм	масса, кг
ИКУФ-1	ИКЗК220-250 ЛЭ15	2 1	520	220 127	910x195x240	5,0
ИКУФ-1М	ИКЗК220-250 ЛЭ15	2 1	520	220 127	910x195x240	5,0
«Луч»	ИКЗК220-250 ЛЭ15	2 1	520	220 127	510x380x250	5,0
«Эрико-1» ИК-облучатель	ИКЗК220-250	1	250	220	300x180	0,8
Эритемно-осветительный	ЛЭЗО ЛБЗО	1 1	80	220	300x100x155	9,0
КСО-3	ЛЭЗО ЛБЗО ДБЗО	1 1 1	120	220	1055x230x120	6,5

Таблица 25 – Облучатели для теплиц.

Тип облучателя	Тип источника излучения	Число ламп	Мощность, Вт	Напряжение сети, В
ОТ-400МИ-045-У5	ДРЛФ400	1	425	220
ОТ-400МЕ-046-У5	ДРЛФ400	1	425	220
ССП03-750	ДРВ750	1	750	220
ОТ-1000М	ДРФ1000	1	1050	220
РСП-15-2000	ДРЛ2000	1	2100	380
ОГС-01-2000 («Фотос-4»)	ДРИ-2000	1	2100	380
ГСП49-1000	ДРИ-1000	1	1100	380
ГСП30-2000	ДРИ-2000	1	2100	380
ЖСП49-400	ДНаТ-400	1	425	220
ЖСП30-2x400	ДНаТ-400	2	850	220
ЖСП30-400	ДНаЗ-400	1	425	220

Таблица 26 – Провода и кабели для сельскохозяйственных сетей.

Вид проводки	Марка провода, кабеля	Способ прокладки	Характеристика помещения
Открытая в негорючих конструкциях	АПВ, АПРВ	На роликах	Нормальная среда
Открытая в негорючих конструкциях	АПВ, АПРВ	На изоляторах	Влажное, сырое, жаркое
Открытая в негорючих конструкциях	АВВГ, АПВГ, АНРГ, АВРГ, АСРГ	На скобах	Во всех, кроме взрывоопасных «В»
Открытая в негорючих конструкциях	АПП, АПВ, АПРТО	В трубах	Во всех
Тросовая	АВТС-1, АВТС-2	С несущим стальным тросом	В животноводческих
Скрытая и открытая	АПРТО, АПВ	В стальных трубах	В пожароопасных «П»
Скрытая в негорючих конструкциях	АППВ, АПВ, АПРВ, АПН	В трубах под штукатуркой	Во всех, кроме «П» и «В»
Вне помещения	АВВ, ААВ, АСБ	По стенам в траншеях, трубах	-

Таблица 27 – Длительный допустимый ток для проводов с алюминиевой и медной жилами.

Площадь сечения провода, мм ²	Способ прокладки проводов			
	Открытый	Открытый в трубах при числе жил		
		2	3	4
1,5	- (23)	- (19)	- (17)	- (16)
2,5	24 (30)	20 (27)	19 (25)	19 (25)
4,0	32 (41)	28 (38)	28 (35)	23 (30)
6,0	39 (50)	36 (46)	32 (42)	30 (40)
10,0	60 (80)	50 (70)	47 (60)	39 (50)

В скобках даны значения тока для медной жилы.

Таблица 28 – Допустимая площадь сечения проводов.

Тип проводки	Площадь сечения провода, мм ²	
	Медного	Алюминиевого
Ввод в производственные помещения	10,0	16,0
Ввод в жилые помещения	6,0	10,0
Внутренняя проводка:		
скрытая, на роликах, на скобах, тросовая	1,5	2,5
на изоляторах с пролётом не менее 2 м	2,5	4,0
Наружная проводка по конструкциям	2,5	4,0
Зарядка светильников	0,5	-
Голые провода:		
в зданиях	2,5	4,0
воздушных линий	6,0	16,0

Таблица 29 – Автоматические выключатели.

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Число полюсов	Тип расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А
BA14-26-14	32	1	Тепловой, электромагнитный	6; 8; 10; 16; 20; 25; 32
BA14-26-34	32	3	Тепловой, электромагнитный	6; 8; 10; 16; 20; 25; 32
BA16-25-14	25	1	Тепловой, электромагнитный	6,3; 10; 16; 20; 25
BA21-29	63	1	Комбинированный	0,6; 1; 1,6; 2; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
BA24-29B	32	1	Комбинированный	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5
BA51-31-1	31...100	1	Комбинированный	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
BA51-31-3	31...100	3	Комбинированный	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
AE1031	25	1	Комбинированный	6; 10; 16; 25
A3715	63	2	Тепловой, электромагнитный	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160
A3716	63	3	Тепловой, электромагнитный	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160
A63	63	1	Комбинированный, электромагнитный	0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
A63	63	2	Комбинированный, электромагнитный	0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
A63	63	3	Комбинированный, электромагнитный	0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
AE2026	16	3	Комбинированный	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 3; 2,5; 3,15; 4,5; 6,3; 8; 10; 16
AE2034	25	1	Тепловой	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2
AE2036	25	3	Комбинированный	2,5; 3,15; 4; 10; 12,5; 16; 20; 25
AE2044	63	1	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25
AE2046	63	3	Комбинированный	1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АП50	63	2; 3	Комбинированный	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63

Таблица 30 – Осветительные групповые щиты.

Тип щита	Аппаратура управления и защиты				
	На вводе	На группах			
		Число групп	Тип аппарата	Число полюсов аппарата	Номинальный ток расцепителя, А
ОП-3	-	3	АЕ1000	1	16; 20; 25
ОП-6	-	6	АЕ1000	1	16; 20; 25
ОП-9	-	9	АЕ1000	1	16; 20; 25
ОП-12	-	12	АЕ1000	1	16; 20; 25
ЯОУ-8501	ПВ3-60	6	АЕ1031	1	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25
ЯОУ-8502	ПВ3-100	12	АЕ1031	1	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
ЯОУ-8503	ПВ3-100	6	АЕ2044	1	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
ЯОУ-8504	ПВ3-100	2	АЕ2046	3	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
ЯОУ-8505В	ВЗП-63	6	ВА66-29В	1	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5
ЯОУ-8506В	ПВП17-31	12	ВА66-29В	1	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5
ЩКИ-8501	-	3	АЕ1000; ВА14; ВА16	1	16; 25
ЩКИ-8503	-	3	АЕ1000; ВА14; ВА16	1	16; 25
ЩКИ-8505	-	3	АЕ1000; ВА14; ВА16	1	16; 25
ЩКИ-8507	-	3	АЕ1000; ВА14; ВА16	1	16; 25
ОЩ-6	-	6	А63	1	15; 20; 25; 30; 40; 50
ОЩ-12	-	12	А63	1	15; 20; 25; 30; 40; 50
ОЩВ-6	АЕ2046	6	А3161	1	15; 20; 25; 30; 40; 50
ОЩВ-12	АЕ2046	12	А3161	1	15; 20; 25; 30; 40; 50
УОЩВ-6	АЕ2046	6	А3161	1	15; 20; 25; 30; 40; 50
УОЩВ-12	АЕ2046	12	А3161	1	15; 20; 25; 30; 40; 50

Таблица 31 – Нормы освещённости помещений подсобных предприятий.

Помещение, участок, оборудование	Плоскость нормируемой освещённости	Освещённость при лампах, лк	
		газоразрядных	накаливания
Камера трансформаторов*	Вертикальная	75	30
Распределительные устройства, КТП, щиты:			
фасад щитов*	Вертикальная	100	75
задняя сторона*	Вертикальная	75	30
Пульт управления, стол диспетчера**	Горизонтальная	150	100
Электромашинный зал**	Горизонтальная	200	150
Помещение для статических конденсаторов	Вертикальная (конденсаторы)	100	75
Вентиляционная камера**	Горизонтальная	50	20
Помещение для ремонта аккумуляторов**	Горизонтальная	200	150
Помещение зарядных агрегатов**	Горизонтальная	75	30
Помещение для технического обслуживания и ремонта автомашин	Горизонтальная (пол)	200	150
Осмотровая канава	Горизонтальная (низ машины)	100	50
Отделение ежедневного обслуживания автомашин	Вертикальная (на двигателе)	75	30
Дополнительное местное освещение станков и верстаков	Вертикальная (на двигателе)	2000	150
Шиноремонтное отделение	Горизонтальная (пол)	150	100
Химические, радиоизмерительные, механические и другие лаборатории**	Горизонтальная	300	150
Слесарно-механическое отделение:			
общее освещение	-	300	150
местное на станках и верстаках	-	2500	2000
Сборочное и сборочно-монтажное отделения**	Горизонтальная	300	200
Заготовительное отделение**	Горизонтальная	150	100
Сварочное и котельное отделения	Горизонтальная (пол)	200	150
Разборочно-промывочное отделение**	Горизонтальная (пол)	200	150
Помещение для ремонта приборов, аппаратов, намоток катушек при освещении**:			
общем	Горизонтальная (пол)	300	100
местном	Горизонтальная (пол)	3000	2500

Электроремонтное отделение**	Горизонтальная (пол)	300	200
Сушильно-протирочное отделение**	Горизонтальная	100	50
Лесопильная рама и другое подобное оборудование	Горизонтальная	200	150
Заготовительное и столярно-сборочное отделения**	Горизонтальная	300	200
Плотницкое отделение	Горизонтальная (пол)	150	100
Окрасочная	Горизонтальная и вертикальная (на изделиях)	300	200

* Расстояние от пола до освещаемой поверхности 1,5 м.

** Расстояние от пола до освещаемой поверхности 0,8 м.

Таблица 32 – Нормы освещённости помещений общественно-бытового назначения.

Помещение, участок, оборудование	Плоскость нормируемой освещённости	Освещённость при лампах, лк	
		газоразрядных	накаливания
Контора, кабинет, касса*	Горизонтальная	300	150
Машинописное или машиносчётное бюро*	Горизонтальная	400	200
Читальный зал*	Горизонтальная	300	150
Помещение каталогов	Вертикальная	150	75
Конференц-зал*	Горизонтальная	200	100
Помещение для отдыха*	Горизонтальная	150	75
Помещение общественных организаций*	Горизонтальная	200	100
Фойе, вестибюль, холл	Горизонтальная	150	75
Отделение связи, сберкасса*	Горизонтальная	300	150
Вычислительный центр	Горизонтальная	400	200
Помещение для программистов*	Горизонтальная	300	150
Здравпункт*:			
комната для ожидания, регистратура	Горизонтальная	150	75
кабинет врача	Горизонтальная	200	100
перевязочная	Горизонтальная	300	150
процедурная	Горизонтальная	150	75
Общеобразовательная школа:			
класс, кабинет, лаборатория*	Вертикальная (доска) Горизонтальная (стол и парта)	300 300	200 200
спортивный зал	Горизонтальная (пол)	200	150
актовый зал	Горизонтальная (пол) Вертикальная**	200 75	100 30
преподавательская*	Горизонтальная	200	100
Детские ясли:			
приёмная*	Горизонтальная	200	100
групповая, комната для игр, столовая*	Горизонтальная	200	100
спальня-веранда	Горизонтальная (пол)	75	30
Предприятие общественного			

питания*:			
обеденный зал, буфет	Горизонтальная	200	100
раздаточная	Горизонтальная	300	150
кухня, заготовительное помещение	Горизонтальная	200	100
Предприятие торговли*:			
промышленных и производственных товаров	Горизонтальная	300	150
хозяйственных товаров	Горизонтальная	200	100

* Расстояние от пола до освещаемой поверхности 0,8 м.

** Расстояние от пола до освещаемой поверхности 2 м.

Обозначение и классификация светильников

Шифр светильников: 1234-5х6-7-8,

где 1 – тип источника света (одна буква)

2 – основной способ установки светового прибора (одна буква);

3 – основное назначение светового прибора (одна буква);

4 – номер серии прибора (две цифры);

5 – число ламп в светильнике (цифра 1 не указывается);

6 – мощность ламп, Вт;

7 – модификация светового прибора (три цифры);

8 – обозначение климатического исполнения (одна-две буквы и одна-две цифры).

Таблица 33 – Буквенные обозначения светильников в шифре.

Источник света - лампа	Обозначение	Способ установки прибора	Обозначение	Основное назначение	Обозначение
Накаливания:		Подвесной	С	Для промышленных предприятий	П
общего назначения	Н	Потолочный	П	Для рудников и шахт	Р
зеркальная	С	Настенный	Б	Для общественных зданий	О
диффузная	С	Настольный	Н	Для жилых, бытовых помещений	Б
галогенная	И	Напольный и венчающий	Т	Для наружного освещения	У
Люминесцентная:		Встраиваемый	В		
трубчатая	Л	Консольный	К		
фигурная	Ф	Ручной сетевой	Р		
эритемная	Э	Ручной аккумуляторный	Ф		
ДРЛ	Р	Головной	Г		

Металлогалогенная	Г				
Натриевая	Ж				
Бактерицидная	Б				
Ксеноновая	К				

Таблица 34 – Классификация светильников по направлению светового потока.

Направление класса (по направлению светового потока)	Обозначение класса	Конструктивное исполнение по степени защиты от воздействия окружающей среды	
		от пыли	от влаги
Прямого света	П	Незащищённые открытые	Незащищённые
Преимущественно прямого света	Н	Незащищённые перекрытые	Брызгозащищённые
Рассеянного света	р	Пылезащищённые	Струезащищённые
Преимущественно отражённого света	В	Частично пылезащищённые	Водонепроницаемые
Отражённого света	О	Пыленепроницаемые	Герметичные

Таблица 35 – Классификация светильников по типу кривой светораспределения (КСС).

Кривая светораспределения	Обозначение КСС	Зона возможных направлений максимальной силы света, град
Концентрированная	К	0...15
Глубокая	Г	0...30; 180...150
Косинусная	Д	0...35; 180...145
Полуширокая	Л	35...55; 145...125
Широкая	Ш	55...85; 125...95
Равномерная	М	0...90; 180...90
Синусная	С	70...90; 110...90

Таблица 36 – Светильники с лампами накаливания для общественных зданий.

Тип	Число ламп	Мощность ламп, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики					Способ установки
				Класс светораспределения	Обозначение кривой силы света	КПД, %			
						общий	В верхней полусфере	В нижней полусфере	
ПЛК	1	150	IP20	П	Г-1	60	-	-	П
ПП07	1	100	20	Н	Д-1	76	26	50	П
НПО01	2	60	20	Н	Д-2	64	10	54	П
НПО16	1	60	IP53	Р	Д-1	65	30	35	П
НПО18	2	40	20	Н	Д-1	65	15	50	П
НПО18	2	60	IP20	Н	Г-1	65	15	50	П
НПО18	1	60	20	Н	Д-1	65	15	50	П
НПО18	1	100	20	Н	Д-1	65	15	50	П
НПО18	1	150	20	Н	Л	70	15	55	П
НПО20	1	100	20	Р	М	70	30	40	П

НБОУ6	1	100	20	Р	М	70	30	40	Б
НПО30	1	60; 100	20	Н	Д-1	64	10	54	П
ПКР300	1	300	IP20	О	Д-1	78	48	30	С
СК300	1	300	IP20	О	Д-1	80	56	24	С
НСО02	1	150; 100	IP20	Н	Д-2	75	20	55	С
НСО02	1	150	20	Р	М	67	32	35	С
СВП	1	200; 500	IP20	П	Г-3	75	-	-	В
НБОУ4	1	200; 300	IP20	П	Г-3	55	-	-	В
НБОУ7	1	200; 300	20	П	Г-1	40	-	-	В
НБОУ7	1	300	IP20	П	Г-1	40	-	-	В
НБОУ7	1	60	20	Р	М	70	30	40	Б

Таблица 37 – Светильники с лампами накаливания для производственных помещений.

Тип	Мощно сть ламп, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики				Способ устано вки
			Класс светора спреде ления	Обозна чение кривой силы света	КПД, %		
					общий	в ниж ней полу сфере	
С, НСП17	200; 500	IP20	П	-	80	80	С
ГС, НСП17	500; 1000	IP20	П	Г-4	80	80	С
ГК, НСП17	1000	IP20	П	К-1	80	80	С
ГСУ, НСП17	500; 1000	53	П	Г-4	80	80	С
ГКУ, НСП17	1000	53	П	К-1	80	80	С
УПМ15, НСП22	500	50	П	Д-2	75	75	С
УП24, НСП22	500	IP63	П	Г-1	67	67	С
УПД, НСП20	500; 1000	50	П	Г-1	75	75	С
УПС, НСП19	500; 1000	50	-	-	75	75	С
ППД, НСП11	100; 200	IP63	П	Д-2	67	67	С
ППД	500	IP60	Н	Д-1	68	60	С
ППР, НСП11	100; 200	IP60	Р	М	77	47	С
ППД-2	500	IP63	П	Г-2	67	67	С
НСР01	100; 200	IP53	Р	М	75	45	С
НСП09	100; 200	IP50	Р	М	75	45	С
НСП01 «Астра», НСП21	100; 200	53	П	Д-2	71	71	С
НСП01 «Астра», НСП21	100; 200	53	Кососве т	-	71	71	С

НСП01 «Астра»	200	IP53	П	Г-2	60	60	С
НСП21, НСП02	100	IP54	Р	М	70	42	С
НСП03	60	IP54	Р	М	75	45	С
НСП04	200	IP22	Р	М	75	45	С
НСП11	500	IP60	Н	Д-1	67	53	С
НСП11	500	IP60	Р	М	77	47	С
ПСХ	60	IP54	Н	Д-1	65	50	П, Б
НПЛ03	100	IP54	П	Д-1	50	50	П, Б
Н4БИ150	150	Повышен ной надёжност и против взрыва	П	Г-1	55	55	С
Н4БИ150	150	Повышен ной надёжност и против взрыва	Р	М	70	40	С
Н4БН300 М	300	Повышен ной надёжност и против взрыва	П	Г-2	50	50	С
Н4БН300 М	300	Повышен ной надёжност и против взрыва	Р	М	80	45	С
В4А60	60	Взрывобез опасный	П	Д-1	50	50	П
ВЗГ100А	100	Взрывобез опасный	П	Д-1	45	45	П
ВЗГ200А М	200	Взрывобез опасный	П	Д-2	60	60	С
ВЗГ200А М	200	Взрывобез опасный	Н	Д-1	75	55	С
ВЗГ/В4А- 200АМ	200	Взрывобез опасный	П	Д-2	55	55	С
ВЗГ/В4А- 200АМ	200	Взрывобез опасный	Н	Д-1	75	55	С

Таблица 38 – Светильники с люминесцентными лампами для общественных зданий.

Тип	Число ламп	Мощно сть ламп, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики				Способ устано вки
				Класс светора спреде ления	Обозна чение кривой силы света	КПД, %		
						общий	в ниж ней полу сфере	
ЛПО30	1	20; 40; 65	IP20	Р	Д-1	80	60	П, Б
ЛПО30	1	20; 40; 65	20	Н	Д-1	65	48	П, Б
ЛПО30	1	20; 40; 65	IP20	П	-	70	70	П
ЛПО30	2	20; 40; 65	20	Н	Д-2	65	48	П
ЛПО30	2	20; 40; 65	IP20	П	Г-1	60	60	П
ЛСО02	2	40	IP20	Р	Г-2	70	30	С
ЛСО02	4	40	IP20	Р	Г-2	70	30	С
ШОД	2	40; 80	IP20	Р	Г-1	85	42	С
ЛВО01	2	20; 40; 65	20	П	Д-2	55	55	В
ЛВО01	4	20; 40; 65	20	П	Г-1	50	50	В
ЛПО01	2; 4	40	20	Н	Д-1	65	52	П
ЛПО30	1	20; 40	IP20	П	Г-1	65	65	П, Б
ЛПО30	1	20; 40	20	Н	Д-1	65	48	П, Б
ЛПО30	1	20; 40	IP20	Р	Д-1	80	60	П, Б
ЛПО02	2	20; 40; 65	20	П	Г-1, Г-2	52	52	П
ЛПО02	4	20; 40; 65	20	П	Г-1, Г-2	50	50	П
ЛПО02	1	20; 40	20	Н	Д-1	57	48	П
ЛПО09	1	40	IP20	Р	Д-1	80	80	П
ЛПО12	1	40; 80	IP20	П	-	70	70	Б, П

Таблица 39 – Светильники с люминесцентными лампами для производственных помещений.

Тип	Число ламп	Мощность ламп, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики			Способ установки
				Класс светораспределения	Обозначение кривой силы света	КПД, %	
ОДР	2	40	IP20	П	Г-1	70	С
ЛДОР	2	40; 80	IP20	Н	Д-2	75	С
ЛСП02	2	40; 65; 80	IP20	П	Д-2	70	С
ЛСП02	2	40; 65; 80	IP20	П	Г-1	60	С
ЛСП13	2	40; 65	IP20	П	Л	75	С
ЛСП13	2	40; 65	IP20	П	Г-2	75	С
ПВЛМ	2	40; 80	50	Н	Д-2	75	С, П
ПВЛМ	2	40; 80	50	П	Г-1	65	С, П
ПВЛМ	2	40; 80	50	Н	Д-2	70	С, П
ПВЛМ	2	40; 80	50	Н	Д-1	85	С, П
ПВЛМ	2	ЛБР-40	Для сельскохозяйственных помещений				
ПВЛМ	1	ЛБР-40	Для сельскохозяйственных помещений				
ПЛВМ-Р	2	ЛБР-40	Для сельскохозяйственных помещений				

ПВЛМ	1	80	50	Н	Д-1	85	С, П
ПВЛМ	2	40; 80	50	Н	Д-1	65	С, П
ЛСП18	1	40	50	Н	Д-1	65	С, П
ПВЛ1, ЛСП16	2	40	IP54	Н	Д-1	60	С
ПВЛП	2	40	IP54	Н	Д-1	65	С
ЛСП14	2	40	IP54	Н	Д-1	65	С

Таблица 40 – Технические характеристики прожекторов.

Тип прожектора	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд	КПД, %	Угол рассеяния, град		Наименьшая высота установки, м
				В горизонтальной плоскости	В вертикальной плоскости	
ПСМ-30-1	Г220-200	33	33	16	16	10
ПСМ-40-1	Г220-500	70	35	19	19	15
ПСМ-40-2	ПЖ-220-500	280	35	9	9	30
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	35	21	21	20
ПСМ-50-1	ДРЛ-400	19,5	40	74	90	8
ПСМ-50-1	ДРЛ-700	52	40	74	90	13
ПЗР-250	ДРЛ-250	11	40	60	60	6
ПЗР-400	ДРЛ-400	19	40	60	60	8
ПЗС-25	Г220-200	16	27	16	12	7
ПЗС-35	Г220-500	50	27	21	19	13
ПЗС-45	ДРЛ-400	14	30	84	90	7
ПЗС-45	ДРЛ-700	30	30	100	100	10
ПЗС-45	Г220-1000	130	27	26	24	21
ПЗС-45	Г220-1500	225	27	25	26	27
ПКН-1000-1	КГ220-1000-5	52	60	92	18	13
ПКН-1000-2	КГ220-1000-5	30,6	60	90	40	10
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	60	92	20	17
ПКН-1500-2	КГ220-1500	45	60	106	54	12
ПКН-2000-1	КГ220-2000-4	125	60	104	16	20
ПКН-2000-2	КГ220-2000-4	67,5	60	116	44	15

Таблица 41 – Характеристики УЗО.

Марка	Количество полюсов	Номинальное напряжение, В	Отключающая способность, кА	Номинальный ток питания, А	Ток утечки, мА
АСТРО-УЗОФ 1111	2	220	10	16	10
АСТРО-УЗОФ 2211	2	220	10	25	30
АСТРО-УЗОФ 3211	2	220	10	40	30

АСТРО-УЗОФ 3311	2	220	10	40	100
АСТРО-УЗОФ 2212	3 + N	380	10	25	30
АСТРО-УЗОФ 3212	3 + N	380	10	40	30
АСТРО-УЗОФ 3312	3 + N	380	10	40	100
АСТРО-УЗОФ 4312	3 + N	380	10	63	100
F362-16A	1 + N	230	6	16	10
F362-25A	1 + N	230	6	25	30
F362-40A	1 + N	230	6	40	30
F362-63A	1 + N	230	6	63	30
F362-25A	1 + N	230	6	25	300
F362-40A	1 + N	230	6	40	300
F362-63A	1 + N	230	6	63	300
F364-25A	3 + N	400	6	25	30
F364-40A	3 + N	400	6	40	30
F364-63A	3 + N	400	6	63	30
F364-25A	3 + N	400	6	25	300
F364-40A	3 + N	400	6	40	300
УЗО22-10-2-030	2	220	3 и 4,5	10	30
УЗО22-16-2-030	2	220	3 и 4,5	16	30
УЗО22-25-2-030	2	220	3 и 4,5	25	30
УЗО22-32-2-030	2	220	3 и 4,5	32	30
УЗО22-40-2-030	2	220	3 и 4,5	40	30
УЗО07884	2	230	6	10	30
УЗО07886	2	230	6	16	30
УЗО07888	2	230	6	25	30
УЗО07889	2	230	6	32	30
УЗО07901	2	230	6	40	300
УЗО-ДПА16	2	230	3	16	10; 30
УЗО-ДПА16В	2	230	3	16	10; 30
УЗО-ДПВ16	2	230	3	16	10; 30

Список литературы

1. Баев В.И. Светотехника: практикум по электрическому освещению и облучению: учеб. Пособие для академического бакалавриата / В. И. Баев. – 2-е изд, испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 195 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
2. Баранов Л. А. Светотехника и электротехнология. – М. : КолосС, 2006, 344 с.
3. Басов А.М. Электротехнология / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. — М.: Агропромиздат, 2008. — 256с.
4. Бекишев Р. Ф., Дементьев Ю. Н. Электропривод : учебное пособие для академического бакалавриата. – 2-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2016, 301 с.
5. Воробьёв В. А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства : учебник для СПО. – 2-е изд. испр. и доп.. – М. : Издательство Юрайт, 2016, 283 с.
6. Гайдук В.Н. Практикум по электротехнологии / В.Н. Гайдук, В.Н. Шмигель. – М.: Агропромиздат, 2009. – 175 с.
7. Живов М.С. Справочник молодого электромонтажника. – М.: Высш. Школа, 2009. – 168 с.
8. Живописцев Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение /Е.Н. Живописцев, О.А. Косицин. – М.: Агропромиздат, 2012. – 303 с.
9. Карасенко В.А. Электротехнология / В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран – М.: Колос, 2012. – 304 с.
10. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л. : Энергоиздат. Ленингр. Отд - ние, 2011. – 288 с.
11. Кудрявцев И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 2015. - 384 с.
12. Отраслевые нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений. – М. : МСХ РФ, 2004, 28 с.
13. Павлюченко Д.А., Хохлова С.В. Технология проектирования электрического освещения: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 56 с.
14. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. – Министерство Энергетики РФ, М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007.
15. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 2009.
16. Смирнов А.Д., Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. – 4 –е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 440с.
17. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Электрический привод : краткий курс : учебник для академического бакалавриата / Под ред. Ю. М. Фролова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017, 251 с.
18. Электротехнический справочник. Практическое применение современных технологий / Под ред. С. Л. Корякина-Черняка. – СПб. : Наука и техника, 2014, 592 с.

Учебно-методическое пособие

Шаронова Татьяна Вячеславовна
Мардарьев Сергей Николаевич
Белов Евгений Леонидович

Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Светотехника»

Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия профиля подготовки Электрооборудование и электротехнологии

Компьютерный набор, верстка Шаронова Т.В.
Подписано в печать 29.04.2023. Формат 210×297/16.

Бумага писчая. Печать оперативная.

Усл. п.л. 5,0. Тираж 30 экз. Заказ ____

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29

Отпечатано на участке оперативной полиграфии
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29