

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения административно-офисного здания

Обучающийся

К.Н. Чернов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.филол.н., доцент О.В. Мурдускина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## **Аннотация**

В бакалаврской работе была спроектирована система электроснабжения для административно-офисного здания. В ходе работы были произведены расчёты электрических нагрузок основной системы электроснабжения и резервной, рассчитаны нагрузки системы освещения. Исходя из полученных данных и особенностей системы были выбраны коммутационные устройства и кабели для систем электроснабжения. Была спроектирована система наружного и внутреннего освещения, было найдено решение проблемы, связанное с подтоплением здания. При проектировании учтена техника безопасности и подсчитана стоимость данного проекта.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку объёмом 53 страницы текста, которую дополняют 12 таблиц, 7 рисунков, и графический и иллюстративный материал, состоящий из 6 листов формата А1.

## **Abstract**

The title of the graduation work is «Design of the power supply system of an administrative and office building».

The graduation work consists of an explanatory note on 53 pages, including 7 figures, 12 tables and the graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the graduation work is the design of the power supply system for an administrative office building that will meet all modern requirements and will be as comfortable and safe as possible for employees.

The graduation work may be divided into several logically connected parts which are: calculation of the electrical loads of the main power supply system and the backup system, calculation of the electrical loads for the lighting system, selection of switching devices and cables, interior and exterior lighting project, calculation of the grounding and lightning protection system.

Finally, we present a work that meets modern standards and creates a safe environment for people.

In conclusion we'd like to stress that this project can be implemented in the second climatic zone using soil in the form of loam.

## Содержание

Введение .....	5
1. Проектирование основной и резервной систем электроснабжения .....	6
1.1 Общие сведения об объекте .....	6
1.2 Расчёт электрических нагрузок основной системы электроснабжения .....	7
1.3 Расчёт электрических нагрузок резервной системы электроснабжения .....	12
1.4 Расчёт электрических нагрузок системы освещения .....	14
2. Выбор коммутационных устройств и кабелей .....	21
2.1. Выбор коммутационных устройств и кабелей для основной системы электроснабжения .....	21
2.2. Выбор коммутационных устройств и кабелей для резервной системы электроснабжения .....	27
2.3. Проектирование системы наружного и внутреннего освещения .....	29
3. Мероприятия по технике безопасности и охране труда .....	33
3.1. Система автоматики для дренажных насосов .....	33
3.2. Система заземления и молниезащиты .....	35
3.3. Обеспечение безопасности персонала .....	40
3.4. Экономический анализ проекта .....	41
Заключение .....	45
Список используемой литературы .....	46
Приложение А Сводная ведомость нагрузок для административно-офисного здания .....	49
Приложение Б Сводная ведомость электрических нагрузок для административно-офисного здания .....	53

## Введение

Проектирование системы электроснабжения является важнейшим звеном при создании проекта, ведь от его качества зависит эффективность и использования электроэнергии.

В работе осуществляется проектирование системы электроснабжения административно-офисного здания, которое содержит в себе 1 этаж общей площадью 880 м<sup>2</sup>. На объекте учитывается его возможная сезонная затопляемость, поэтому в работе выбирается дренажный насос, для предотвращения этих проблем

Объектом исследования является административно-офисное здание.

Предметом исследования является система электроснабжения административно-офисного здания.

Целью работы является разработка системы электроснабжения для административно-офисного здания, которая будет соответствовать современным стандартам.

Структура все работы представлена в трёх разделах, в которых изложен материал исследований, а именно:

- в первом разделе работы приведены расчёты основной и резервной системы электроснабжения, а также расчёт электрических нагрузок системы освещения;
- во втором разделе осуществляется выбор коммутационных устройств и кабелей для основной и резервной системы электроснабжения, проектирование системы наружного и внутреннего освещения;
- в третьем разделе работы рассмотрены мероприятия по созданию автоматики для дренажных насосов, по технике безопасности и охране труда, системы заземления и молниезащиты и произведён экономический расчёт для проекта.

# 1. Проектирование основной и резервной систем электроснабжения

## 1.1 Общие сведения об объекте

Объектом исследования бакалаврской работы является электроснабжение одноэтажного административно-офисного здания с общей площадью 880 м<sup>2</sup>. В здании присутствуют 7 офисных помещений, зал конференций, пост охраны, санитарный узел и техническое помещение.

Для предотвращения подтоплений в здании и повышения долговечности конструкции, было принято решение сделать приямок в техническом помещении и разработать автоматику для дренажных насосов.

Потребителями электроэнергии в административно-офисном здании являются:

- осветительные электроустановки;
- кондиционеры;
- электронно-вычислительные машины;
- электропалочка;
- периферийные установки.

Все используемые электроприёмники относятся к первой и второй категории надёжности электроснабжения. Здание не относится к категории взрывоопасных, так как отсутствуют взрывоопасные газы и легковоспламеняющиеся жидкости [12].

Электроснабжение административно-офисного здания осуществляется от трансформатора ТМЗ-250-10/0,4 кВ мощностью 250 кВА. В случае отключения трансформатора, электроснабжение для работы системы автоматической пожарной сигнализации, системы видеонаблюдения, дренажного насоса и аварийного освещения осуществляется с помощью генератора SDMO TECHNIC 15000 TA C5 в контейнере с АВР номинальной мощностью 10 кВт.

Для защиты электрической сети от токов перегрузки и токов короткого замыкания применяются автоматические выключатели [13]:

- автомат ввода;
- ЩР – щит розеточный;
- ЩК – щит компьютерный;
- ЩВК – щит кондиционеров;
- ЩРО – щит освещения
- ЩРП – щит резервного питания

## 1.2 Расчёт электрических нагрузок основной системы электроснабжения

Для расчёта электрических нагрузок составим таблицы 1, 2, 3 в которых содержатся данные по электроприёмникам в административно-офисном здании для розеточной сети, для мощностей компьютерного оборудования, для мощностей кондиционеров [1].

Таблица 1 – Мощности электрооборудования розеточной сети

Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток
1	2	3
ОП1	800	6
ОП2	800	6
ОП3	1360	12
ОП4	700	3
ОП5	700	3
ОП6	800	6
ОП7	800	6
ПО	600	4
с/у	1200	3

Продолжение таблицы 1

1	2	3
ТП	600	4
К. Зал	600	10
коридор	500	2

Таблица 2 – Мощности электрооборудования компьютерной сети

Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток
ОП1	5000	10
ОП2	5000	10
ОП3	6000	12
ОП4	3000	6
ОП5	3000	6
ОП6	4000	8
ОП7	4000	8
ПО	1000	2
К. Зал	1500	3

Таблица 3 – Мощности кондиционеров

Место установки	Мощность оборудования, Вт
ОП1	3150
ОП2	3150
ОП3	3400
ОП4	1700
ОП5	1700
ОП6	3150
ОП7	3150
К. Зал	4450
ПО	1500



Произведем расчёты электрических нагрузок и занесём в сводную ведомость нагрузок (приложение А) по объекту проектирования с учётом коэффициентов спроса  $K_c$  и мощности  $\cos\varphi$  и  $\operatorname{tg}\varphi$  [2].

Для вычисления коэффициента спроса следует воспользоваться формулой отношения расчётной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприёмников [20]:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y}, \quad (1)$$

где  $P_p$  - расчётная электрическая нагрузка, кВт;

$P_y$  – установленная мощность электроприёмников, кВт.

Расчётная активная мощность (кВт) электроприёмников определяется по формуле:

$$P_p = K_c \cdot P_y \quad (2)$$

Расчётная реактивная мощность (квар) электроприёмников определяется по формуле [22]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (3)$$

где  $\operatorname{tg}\varphi$  – соотношение между реактивной и активной мощностью

Полная мощность (кВА) электроприёмников определяется по формуле [23]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (4)$$

Расчётный ток однофазных электроприёмников определяется по формуле:

$$I_P = \frac{S_P}{U_\Phi}, \quad (5)$$

где  $U_\Phi$  – фазное напряжение

Для трёхфазных приёмников и питающих линий:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_L}, \quad (6)$$

где  $U_L$  – линейное напряжение

Величина максимального расчётного тока для электроприёмников определяется по формуле [15]:

$$I_{P.max} = \frac{P_y}{n_\Phi \cdot U_\Phi \cdot \cos\varphi} \quad (7)$$

Например, произведём расчёт нагрузок линии питания для офисного помещения №1. Для этого воспользуемся формулой (2):

$$P_p = K_c \cdot P_y = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ кВт}$$

Определим реактивную и полную расчётные мощности по формулам (3) и (4):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,64 \cdot 0,33 = 0,21 \text{ квар},$$
$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{0,64^2 + 0,21^2} = 0,67 \text{ кВА}$$

Определим расчётный и максимальный ток линии питания по формулам (5) и (7):

$$I_P = \frac{S_P}{U_\phi} = \frac{0,67}{220} = 3,05 \text{ A},$$

$$I_{P.max} = \frac{P_y}{n_\phi \cdot U_\phi \cdot \cos\varphi} = \frac{0,8}{1 \cdot 220 \cdot 0,95} = 3,83 \text{ A}.$$

Аналогично производим расчёт для всех электроприёмников, результаты занесём в приложение А.

Далее определим суммарную расчётную нагрузку по формулам [24]:

$$P_{p.гр} = \sum P_P, \quad (8)$$

$$Q_{p.гр} = \sum Q_P, \quad (9)$$

$$S_p = \sqrt{P_{p.гр}^2 + Q_{p.гр}^2} \quad (10)$$

Произведём расчёт групповой электрической нагрузки для розеточной сети [25]:

$$P_{p.гр} = 4 \cdot 0,64 + 1,09 + 2 \cdot 0,56 + 3 \cdot 0,48 + 0,96 + 0,4 = 7,57 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.гр} = 4 \cdot 0,21 + 0,36 + 2 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,16 + 0,32 + 0,13 = 5,86 \text{ кВт},$$

$$S_p = \sqrt{7,57^2 + 5,86^2} = 9,57 \text{ кВА}$$

Определим расчётный и максимальный ток группы по формулам (6) и (7):

$$I_{p.гр} = \frac{9,57}{\sqrt{3} \cdot 380} = 14,54 \text{ A},$$

$$I_{p.max.гр} = \frac{9,46}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 15,13 \text{ A}$$

Полученные данные заносятся в приложение А.

### 1.3 Расчёт электрических нагрузок резервной системы электроснабжения

Для расчёта электрических нагрузок резервной системы электроснабжения требуется определить, что важно подпитывать на случай отключения основной системы электроснабжения [8].

Все используемые электроприёмники для резервной системы электроснабжения занесём в таблицу 4.

Таблица 4 - Используемые электроприёмники резервной системы

Наименование электроприёмника	Мощность, Вт
Система автоматической пожарной сигнализации	1000
Система видеонаблюдения	500
Аварийное освещение	320
Дренажный насос	750

Расчёт электрических нагрузок для резервной системы электроснабжения выполняется таким же методом, что и в основной системе электроснабжения [10]. Для примера проведём расчёт электрических нагрузок для системы видеонаблюдения, воспользуемся формулой (2):

$$P_p = K_c \cdot P_y = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ кВт}$$

Определим реактивную и полную расчётные мощности по формулам (3) и (4):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,5 \cdot 0,20 = 0,1 \text{ квар},$$
$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{0,64^2 + 0,21^2} = 0,51 \text{ кВА}$$

Определим расчётный и максимальный ток линии питания по формулам (5) и (7):

$$I_P = \frac{S_P}{U_\phi} = \frac{0,51}{220} = 2,32 \text{ A},$$
$$I_{P.max} = \frac{P_y}{n_\phi \cdot U_\phi \cdot \cos\varphi} = \frac{0,5}{1 \cdot 220 \cdot 0,98} = 2,39 \text{ A}.$$

Аналогично производим расчёт для всех электроприёмников [9].  
Далее определим суммарную расчётную нагрузку по формулам:

$$P_{p.гр} = \sum P_P, \quad (11)$$

$$Q_{p.гр} = \sum Q_P, \quad (12)$$

$$S_p = \sqrt{P_{p.гр}^2 + Q_{p.гр}^2} \quad (13)$$

Произведём расчёт групповой электрической нагрузки для резервной системы:

$$P_{p.гр} = 1 + 0,5 + 0,32 + 0,75 = 2,57 \text{ кВт},$$
$$Q_{p.гр} = 0,20 + 0,1 + 0,06 + 0,23 = 0,59 \text{ кВт},$$
$$S_p = \sqrt{7,57^2 + 5,86^2} = 2,64 \text{ кВА}$$

Определим расчётный и максимальный ток группы по формулам (6) и (7):

$$I_{p.гр} = \frac{2,64}{\sqrt{3} \cdot 380} = 4,01 \text{ A},$$
$$I_{p.max.гр} = \frac{2,57}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91} = 4,29 \text{ A}$$

Все полученные данные для резервной системы электроснабжения занесём в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость нагрузок для резервной системы электроснабжения

Наименование электроприёмника	$P_y$ , кВт	Расчётные коэффициенты			Расчётная мощность			Расчётный ток	
		$K_c$	мощности		$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p,max}$ , А
			$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$					
Система автоматической пожарной сигнализации	1,0	1,0	0,98	0,20	1,0	0,20	1,02	4,55	4,64
Система видеонаблюдения	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,1	0,51	2,32	2,32
Аварийное освещение	0,32	1,0	0,98	0,20	0,32	0,06	0,32	1,45	1,48
Дренажный насос	0,75	0,95	0,7	0,33	0,71	0,23	0,75	3,41	4,87

Подсчитанные нагрузки для резервной системы электроснабжения помогут выбрать автоматические выключатели и кабели.

#### 1.4 Расчёт электрических нагрузок системы освещения

Освещение – важнейшее звено в построении грамотного проекта здания. Для предотвращения ухудшения зрения и снижения работоспособности персонала требуется уделить большое значение уровню освещения [5].

Показатели освещённости и значения показателя дискомфорта в помещениях здания приняты нормами СанПиН 1.2.3685-21. Стены и потолки нашего объекта выбраны светлых тонов, при которых коэффициент отражения

составляют  $\rho_{\text{потолка}} = 0,70$ ,  $\rho_{\text{стен}} = 0,55$ ; рабочей поверхности  $\rho_{\text{поверхности}} = 0,3$ .

Минимальная освещённость для кабинета, рабочей комнаты, офиса должна составлять 400 Лк согласно СанПину. Стоит помнить о том, что нормативные показатели уровня освещения должны обеспечиваться на протяжении всего периода эксплуатации системы установленных светильников, но в связи с постоянным снижением этих параметров, необходима начальная освещённость выше, чем нормированная [25]. Поэтому нормированные характеристики следует умножить на стандартный коэффициент запаса, который регламентируется установленными нормами. В связи с тем, что предпочтения были отданы светодиодным лампам, то коэффициент запаса для них принимаем  $K_z = 1,1$  [3].

Светодиодные лампы были выбраны из-за их положительных качеств:

- продолжительный срок службы, который составляет 30-50 тысяч часов;
- низкое энергопотребление;
- компактные масштабы;
- отсутствие в составе паров ртути;
- высокий световой поток;
- хороший показатель цветопередачи.

Для расчёта общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным методом является метод светового потока (коэффициент использования), учитывающий световой поток лампы  $\phi$ , лм.

Определим требуемую норму освещённости  $E$ , лк, для каждого помещения [26].

Определяется высота подвеса светильника по формуле [4]:

$$H_{\text{п}} = h - (h_c + h_p), \quad (14)$$

где  $h$  - высота помещения, м;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_p$  – высота расчётной поверхности над полом, м.

Высота помещений исследуемого объекта  $h = 3,5$  м.

Произведём расчёт для офисного помещения №1 по формуле (11):

$$H_{\pi} = h - (h_c + h_p) = 3,5 - (0 + 0,8) = 2,7 \text{ м.}$$

Найдём оптимальное расстояние между светильниками по формуле:

$$L = H_{\pi} \cdot 1,2, \quad (15)$$

где 1,2 – оптимальное относительное расстояние между светильниками.

Вычислим оптимальное расстояние между светильниками по формуле (12):

$$L = 2,7 \cdot 1,2 = 3,24 \text{ м.}$$

Определим число рядов светильников в помещении по формуле:

$$N_a = \frac{a}{L}, \quad (16)$$

где  $a$  – ширина исследуемого помещения.

Число рядов светильников в помещении вычислим по формуле (13):

$$N_a = \frac{7}{3,24} = 2,16 \text{ шт.}$$

Определим сколько находится светильников в ряду:

$$N_b = \frac{b}{L}, \quad (17)$$



где  $b$  – длина исследуемого помещения.

Определим число светильников в ряду по формуле (14):

$$N_b = \frac{12}{3,24} = 3,7 \text{ шт.}$$

Общее количество светильников равно:

$$N = N_a \cdot N_b = 3 \cdot 4 = 12 \text{ шт.}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i_{\text{п}} = \frac{S}{H_{\text{п}} \cdot (a+b)}, \quad (18)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$H_{\text{п}}$  – расстояние от светильника до рабочей поверхности, м;

$a$  и  $b$  – длина, и ширина помещения, м.

Вычислим индекс помещения по формуле (15):

$$i_{\text{п}} = \frac{S}{H_{\text{п}} \cdot (a+b)} = \frac{7 \cdot 12}{2,7 \cdot (7+12)} = 1,64$$

Исходя из индекса помещения  $i_{\text{п}}$  и коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности, зависимости кривой силы светильника определяется коэффициент использования  $\eta$ , о.е.

$$\eta = 0,75.$$

Определяется коэффициент минимальной освещённости,  $Z$ :

$$Z = 1,1.$$

Определяется необходимый поток каждого светильника  $\phi_{л}$ , лм, по формуле:

$$\phi_{л} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot N}, \quad (19)$$

где  $E$  – требуемая нормами освещённость, лк;

$K_3$  - коэффициент запаса

$S$  - освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент характеризующей неравномерность освещения;

$\eta$  - коэффициент использования, %;

$N$  – количество светильников, шт.

Определим необходимый поток светильника по формуле (16):

$$\phi_{л} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot N} = \frac{400 \cdot 1,1 \cdot 84 \cdot 1,1}{0,75 \cdot 12} = 4100 \text{ лм}$$

Таким же образом рассчитываем количество светильников для всех помещений и заносим необходимые данные в таблицу 6. Исходя из необходимого потока светильника, далее будут выбраны светильники для помещения, а именно от российского производителя «Центрстройсвет» - ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000K opal-sand IP40 HIGHTECH.

Таблица 6 – Результаты расчёта светильников

Наименование помещения	S, м <sup>2</sup>	E, лк	Тип светильника	N, шт	P <sub>л</sub> , Вт
1	2	3	4	5	6
ОП1	84	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	12	32
ОП2	84	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	12	32
ОП3	98	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	15	32
ОП4	54	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	8	32
ОП5	54	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	8	32
ОП6	66	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	10	32
ОП7	66	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	10	32
ПО	20	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	3	32

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
с/у	30	75	Светильник С 360/118 HF	4	18
ТП	40	75	Светильник С 360/118 HF	6	18
К.Зал	100	400	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	15	32
коридор	144	150	ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	18	32

Данные по расчёту электрических нагрузок для системы освещения представлены в приложении Б.

Вывод по разделу.

Результаты расчетов нагрузок объекта показывают, что они сравнительно невелики и допускают использование коммутационных аппаратов и автоматики в электромеханическом и электронном исполнении.

## 2. Выбор коммутационных устройств и кабелей

### 2.1. Выбор коммутационных устройств и кабелей для основной системы электроснабжения

Для проектирования проводки требуется выбрать тип используемых проводов или кабелей, а также сечения токопроводящего проводника и выбрать способ их прокладки. Кабели для внутренней проводки должны использоваться с медными жилами, которые выполнены по трёх- либо пяти проводной системе по ПУЭ [18].

Учитывая все требования, для административно-офисного здания были выбраны [19]:

- Кабель марки ВВГнг-LS с пятью медными жилами для трёхфазных электроприёмников. Кабель имеет изоляцию и оболочку из поливинхлоридного пластиката; отсутствует защитный покров; при распространяет горении при групповой прокладке; имеет пониженное дымо- и газовыделение (LS - low smoke).

- Кабель марки ВВГнг-LS-П с тремя медными жилами был выбран для однофазных электроприёмников. Имеет такие же характеристики, как предшественник, за одним лишь исключением, он является плоским, то есть жилы расположены в одной плоскости параллельно друг другу.

Сечение проводников выбирается по максимальному расчётному току нагрузки:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (20)$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчётной температуре, А.

$I_{p.\text{max}}$  – максимальный расчётный ток нагрузки, А.

Допустимый ток проводника при прокладке внутри здания зависит от:

- температуры окружающей среды;
- способа прокладки;
- взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей.

Все факторы учитываются с помощью коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , определяющих их влияние на величину допустимого тока. Тогда формула для расчёта нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{p.\text{max}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (21)$$

где  $K_1$  – учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от  $+25^\circ\text{C}$ , в зависимости от типа изоляции;

$K_2$  – учитывает влияние способа прокладки;

$K_3$  – учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей.

Для подсчёта и выбора сечения проводника, следует определиться с коэффициентами:

- кабели в нашем случае используются в ПВХ-изоляции при температуре  $+25^\circ\text{C}$ , тогда  $K_1 = 1,0$ .

-  $K_2 = 1,0$ , т.к. кабели проложены в пластиковых мини-каналах

- для кабелей, которые проложены в лотках  $K_3 = 0,75 - 0,85$ .

Для примера произведём расчёт, а затем выберем проводник. Максимальный расчётный ток возьмём из приложения А, сечения проводников определим по ПУЭ.

Выбор сечения кабеля для линии питания офисного помещения №1 по формуле (18):

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{1,94}{1 \cdot 1 \cdot 0,75} = 2,59 \text{ А.}$$

Выбираем кабель марки ВВГнг-LS 3×1,5 сечением 1,5 мм<sup>2</sup> и длительно допустимым током 19 А. Выбор всех кабелей проводим по этому алгоритму и заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Выбор проводников для основной системы электроснабжения

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{p.max}$ , А	$\frac{I_{p.max}}{K_n}$ , А	Марка кабеля, количество и сечение жил, мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А
1	2	3	4	5	6
QF2	ЩР	14,54	15,13	ВВГнг-LS 5×2,5	27,6
QF6	ОП1	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF7	ОП2	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF8	ОП3	6,51	8,68	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF9	ОП4	3,35	4,47	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF10	ОП5	3,35	4,47	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF11	ОП6	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF12	ОП7	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF13	ПО	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF14	с/у	5,74	7,65	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF15	ТП	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF16	К.Зал	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF17	коридор	2,39	3,19	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF3	ЩК	51,96	69,28	ВВГнг-LS 5x16	79,8
QF18	ОП1	30,30	40,4	ВВГнг-LS 3×6	50
QF19	ОП2	30,30	40,4	ВВГнг-LS 3×6	48,9
QF20	ОП3	36,36	48,48	ВВГнг-LS 3×6	48,9
QF21	ОП4	18,18	24,24	ВВГнг-LS 3×4	34,2
QF22	ОП5	18,18	24,24	ВВГнг-LS 3×4	34,2
QF23	ОП6	24,24	32,32	ВВГнг-LS 3×4	34,2
QF24	ОП7	24,24	32,32	ВВГнг-LS 3×4	34,2
QF25	ПО	6,06	8,08	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
QF26	К.Зал	9,09	12,12	ВВГнг-LS 3×2,5	25,7
QF4	ЩВК	42,16	52,70	ВВГнг-LS 5х16	79,8
QF27	ОП1	17,9	23,87	ВВГнг-LS 3×4	27
QF28	ОП2	17,9	23,87	ВВГнг-LS 3×4	27
QF29	ОП3	19,32	25,76	ВВГнг-LS 3×4	27
QF30	ОП4	9,66	12,88	ВВГнг-LS 3×2,5	21
QF31	ОП5	9,66	12,88	ВВГнг-LS 3×2,5	21
QF32	ОП6	17,9	23,87	ВВГнг-LS 3×4	27
QF33	ОП7	17,9	23,87	ВВГнг-LS 3×4	27
QF34	ПО	8,52	11,36	ВВГнг-LS 3×2,5	21
QF35	К.Зал	25,28	33,71	ВВГнг-LS 3×6	34
QF5	ЩРО	5,99	6,32	ВВГнг-LS 3×2,5	27,6
QF36	ОП1	1,94	2,59	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF37	ОП2	1,94	2,59	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF38	ОП3	2,42	3,23	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF39	ОП4	1,29	1,72	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF40	ОП5	1,29	1,72	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF41	ОП6	1,62	2,16	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF42	ОП7	1,62	2,16	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF43	ПО	0,48	0,64	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF44	с/у	0,41	0,55	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF45	ТП	0,55	0,73	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF46	К.Зал	2,42	3,23	ВВГнг-LS 3×1,5	21
QF47	коридор	2,91	3,88	ВВГнг-LS 3×1,5	21

Электрооборудование, которое используется должно быть защищено устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Сверхток – любой ток, превышающий



номинальный. Эти сверхтоки могут появляться при перегрузках или коротких замыканиях в электроустановках.

В качестве электрооборудования в административно-офисном здании используется компьютерное оборудование. Для защиты линий питания применим автоматические выключатели и устройства защитного отключения (УЗО).

В соответствии с СП 256.1325800.2016 во внутренних сетях жилых и общественных зданий, как правило, следует применять автоматические выключатели с комбинированными расцепителями [21].

Автоматические выключатели, которые защищают от перегрузки кабели сетей освещения и розеточной сетей, должны отвечать условию:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{K_T}, \quad (22)$$

где  $I_{н.а}$  – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{д.н}$  – допустимый номинальный ток нагрузки проводника, А;

$K_T$  – температурный коэффициент.

В нашем случае температурный коэффициент будет равен 1.

Автоматические выключатели, которые защищают от перегрузки кабели групповых линий и линий питания силовых электроприёмников, следует выбирать на основании расчётных токов линий  $I_p$ :

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot I_p \quad (23)$$

В качестве примера рассчитаем и выберем автоматический выключатель QF для офисного помещения №1 по формуле (20):

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot 1,94 = 2,13 \text{ А.}$$

Исходя из полученных данных выбираем автоматический выключатель.

Результаты выбора автоматических выключателей занесём в таблицу 8.

Таблица 8 – Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Тип АВ	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания
1	2	3	4
ГРЩ	ВА52-37 400А	400	В
ЩР(вводной автомат)	IEK ВА66-31 63А	63	В
QF6-QF7	IEK 6А В ВА47-29	6	В
QF8	IEK 10А В ВА47-29	10	В
QF9-QF13	IEK 6А В ВА47-29	6	В
QF14	IEK 10А В ВА47-29	10	В
QF15-QF17	IEK 6А В ВА47-29	6	В
ЩК(вводной автомат)	IEK ВА66-31 100А	100	В
QF18-QF19	IEK С 32А М06N	32	С
QF20	IEK С 40А М06N	40	С
QF21-22	IEK С 20А М06N	20	С
QF23-QF24	IEK С 32А М06N	32	С
QF25-QF26	IEK ВА47-60М 1Р 10А	10	С
ЩВК(вводной автомат)	IEK ВА66-31 63А	63	В
QF27-QF28	IEK С 20А М06N	20	С

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
QF29	IEK C 25A M06N	25	C
QF30-QF31	IEK B 16A M06N	16	C
QF32-QF33	IEK C 20A M06N	20	C
QF34-QF35	IEK 10A B BA47-29	10	C
ЩРО(вводной автомат)	IEK BA66-31 25A	25	C
QF36-QF47	IEK BA47-60M 1P 10A	10	C

Для основной системы электроснабжения были выбраны автоматические выключатели.

## 2.2. Выбор коммутационных устройств и кабелей для резервной системы электроснабжения

Произведём выбор кабеля для резервной системы электроснабжения по примеру основной системы. Для этого требуется воспользоваться формулой (18) и затем выбрать кабель. Выберем для примера кабель для системы видеонаблюдения:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{2,32}{1 \cdot 1 \cdot 0,75} = 3,09 \text{ А.}$$

Выбираем кабель марки ВВГнг-LS 3×1,5 сечением 1,5 мм<sup>2</sup> и длительно допустимым током 19 А. Выбор всех кабелей проводим по этому алгоритму и заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Выбор проводников для резервной системы электроснабжения

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{p.max}$ , А	$\frac{I_{p.max}}{K_p}$ , А	Марка кабеля, количество и сечение жил, мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А
1	2	3	4	5	6
QF48	ЩРП	11,65	13,26	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF49	Система автоматической пожарной сигнализации	4,64	6,19	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF50	Система видеонаблюдения	2,32	3,09	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF51	Дренажный насос	4,87	6,49	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF52	Аварийное освещение	1,48	1,97	ВВГнг-LS 3×1,5	15

Для потребителей энергии также следует выбрать автоматические выключатели по формуле (20). Для примера выберем автоматический выключатель для системы видеонаблюдения:

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot 2,32 = 2,55 \text{ А}$$

Исходя из полученных данных выбираем автоматический выключатель.

Результаты выбора автоматических выключателей занесём в таблицу 10.

Таблица 10 - Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Тип АВ	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания
1	2	3	4
ЩРП	IEK 10А С ВА47-29	10	С

## Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
QF49	IEK 6A B BA47-29	6	B
QF50	IEK 6A B BA47-29	6	B
QF51	IEK 6A B BA47-29	6	B
QF52	IEK 6A B BA47-29	6	B

Для резервной системы электроснабжения были выбраны автоматические выключатели.

### 2.3. Проектирование системы наружного и внутреннего освещения

Исходя из полученных данных во время расчёта электрических нагрузок системы освещения, были выбраны лампы, световой поток которой не будет отличаться на более, чем  $\pm 10\%$ . Выбор остановился на российском производителе «Центрстройсвет», а именно на светодиодном светильнике ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH, который представлен на рисунке 1. Светильник имеет световой поток  $\phi_{л} = 4000$  лм, мощность составляет  $P_{л} = 32$  Вт. Срок службы светильника более 50000 часов. Светильник имеет степень защиты IP40, которая означает, что оборудование имеет защиту от частиц твёрдых тел большее 1 мм, защиты от воды нет. Корпус светильника сконструирован из сверхлёгкого и жёсткого алюминиевого профиля, обеспечивающий высокий теплоотвод [14].

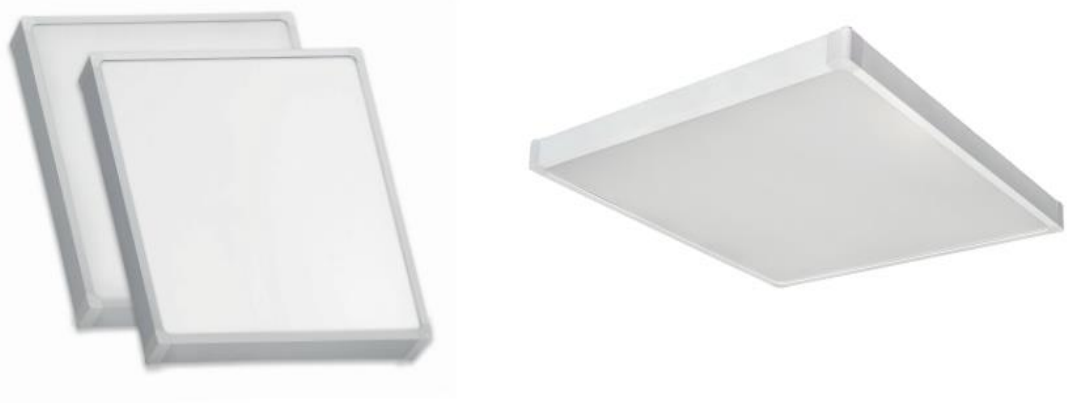


Рисунок 1 – Светодиодный светильник ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000K opal-sand IP40 HIGHTECH

Выбранный светильник имеет косинусную кривую силы света, что является лучшим вариантом для освещения офиса, угол раскрытия светового потока у таких ламп  $120^\circ$ . [17] Сравнение косинусной, глубокой, концентрированной кривой силы света можно увидеть на рисунке 2.

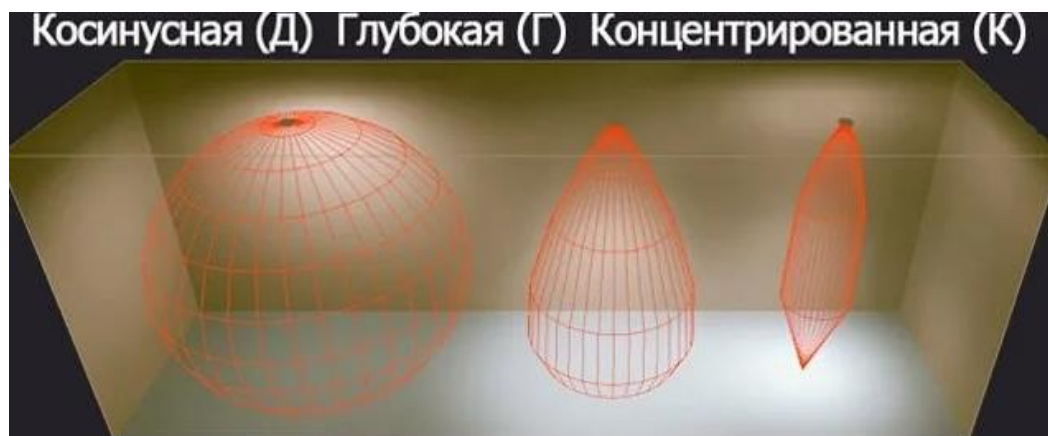


Рисунок 2 – Сравнение угла распределения светового потока

Наружное освещение является важным звеном в качественном проекте. Благодаря наружному освещению, сотрудники административно-офисного здания смогут комфортно передвигаться в ночное время, а также поможет охране лучше оценивать ситуацию на объекте.

Для освещения уличных дверей и дорожек вокруг здания был выбран умный светильник с солнечной батареей и датчиком движения. Фонарь накапливает энергию благодаря солнечной батарее днём, а в тёмное время суток включается при замеченном движении рядом. Радиус замеченного движения равен 5 метрам и 120°. На рисунке 3 представлен светодиодный уличный светильник.



Рисунок 3 – Светодиодный уличный светильник 20 LED

Для освещения дорожек, которые идут к административно-офисному зданию были выбраны консольные светильники на солнечной батарее ЭРА 60W, ПДУ, 1100lm, 5000K, IP65 Б0046796, который представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Светильник ЭРА 60W, ПДУ, 1100lm, 5000K, IP65 Б0046796

Светильник имеет мощность 60 Ватт, световой поток 1100 Лм. Степень защиты IP65, которая говорит о том, что он полностью защищён от пыли и водяных брызг под давлением. В комплекте имеет пульт дистанционного управления, в котором можно отключать и включать датчик движения, увеличивать и уменьшать яркость, выставлять таймер выключения на 3, 5, 8 часов.

Выводы по разделу:

- Для электропроводки внутри здания наилучшими характеристиками обладают кабели типа ВВГ.
- С целью оптимизации системы освещения целесообразно использовать светодиодные светильники.



### **3. Мероприятия по технике безопасности и охране труда**

#### **3.1. Система автоматики для дренажных насосов**

В ходе проектирования административно-офисного здания было принято во внимание, что объект в следствии паводка и других климатических условий может затапливать, что приводит к разрушению основ фундамента, порче дорогостоящих устройств. Крайне важно было обеспечить здание автоматикой для дренажных насосов.

В техническом помещении объекта был спроектирован приямок, в котором можно свободно разместить дренажный насос и контролировать уровень грунтовых вод.

Главной задачей системы автоматики для дренажных насосов является включение и отключение насоса в нужный момент времени. Также стоит помнить, что работа насосов без жидкости крайне не рекомендуется. В таком режиме работы он перегревается, что приводит к повреждению элементов агрегата. Для решения всех этих проблем отлично подходит насос с поплавковым выключателем.

Поплавковый выключатель — это устройство, которое позволяет управлять насосом, и вовремя его включать и выключать. Поплавковый выключатель представляет собой небольшой герметичный бокс из пластика, в котором располагается размыкатель (переключатель с рычагом), шарик из стали и провода, которые подключаются к открытому и закрытому контакту. Если вода отсутствует в приямке, то контакты разомкнуты и насос не работает; если же вода достигает от регулируемой отметки, то шарик меняет своё положение и переключает рычаг, который замыкает контакты переключателя, тем самым насос начинает работать.

Для удовлетворения нужд был выбран дренажный насос от российского производителя бренда «ЗУБР», а именно ЗУБР МАСТЕР НПГ-М1-750, который представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Дренажный насос ЗУБР МАСТЕР НПГ-М1-750

С основными техническими характеристиками насоса можно ознакомиться в таблице 11.

Таблица 11 – технические характеристики насоса ЗУБР МАСТЕР НПГ-М1-750

Максимальная мощность	750 Вт
Максимальная производительность	13500 л/ч
Максимальная высота подачи	9 м
Максимальный размер частиц	35 мм

Дренажный насос имеет необходимые характеристики для поддержания объекта в рабочем состоянии.

### 3.2. Система заземления и молниезащиты

В связи с опасностью попадания персонала под опасное напряжение, было предусмотрено устройство защитного заземления [7].

Примем следующие исходные данные [11]:

- вертикальные заземлители (электроды): материал – сталь, диаметр стержней – 16 мм, длина стержней 5 м, глубина погружения в грунт – 50 см;
- горизонтальные заземлители (электроды): материал – стальная полоса, размер – 40×4 мм.;
- грунт – суглинок.
- удельное сопротивление для грунта  $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .
- Коэффициент сезонности для второй климатической зоны  $K_{\text{сез}} = 1,7$ .
- Требуемое сопротивление заземления  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ .

Расчётное сопротивление грунта определим по формуле:

$$\rho_p = K_{\text{сез}} \cdot \rho, \quad (24)$$

где  $\rho$  – расчётное сопротивление грунта, Ом

$K_{\text{сез}}$  – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта и который зависит от климатической зоны и вида заземлителя [20].

Определим расчётное сопротивление грунта по формуле (21):

$$\rho_p = 1,7 \cdot 100 = 170 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя определим по формуле:

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot \rho_p, \quad (25)$$

$$r_B = 0,3 \cdot 170 = 51 \text{ Ом}$$

Определим приблизительное число вертикальных электродов:

$$N'_B = \frac{r_B}{R_3}, \quad (26)$$

$$N'_B = \frac{51}{4} = 12,75, \text{ принимаем } N'_B = 13.$$

С учётом экранирования:

$$N_B = \frac{N'_B}{\eta_B}, \quad (27)$$

где  $\eta_B$  – коэффициент использования вертикальных электродов, определяется по таблице в зависимости от типа заземляющего устройства, вида заземлителя, длины и числа вертикальных заземлителей и расстояния между ними [20].

Приблизительное число вертикальных электродов с учетом экранирования вычислим по формуле (24):

$$N_B = \frac{13}{0,63} = 20,63, \text{ принимаем } N_B = 21.$$

Определим приблизительную длину полосы:

$$L_{\Pi} = 5 \cdot (N_B - 1), \quad (28)$$

$$L_{\Pi} = 5 \cdot (21 - 1) = 100 \text{ м.}$$

Сопротивление горизонтального электрода (полосы) определяется по формуле:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot \rho_p}{L_{\Pi}} \cdot \lg \frac{2L_{\Pi}^2}{b \cdot t}, \quad (29)$$

где  $L_{\Pi}$  – длина полосы, м;

$b$  – ширина полосы, м;

$t$  – глубина заложения, м.

Сопротивление горизонтального электрода вычислим по формуле (26):

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot 170}{100} \cdot \lg \frac{2 \cdot 100^2}{0,04 \cdot 0,5} = 4,08$$

Определим уточнённые значения сопротивления вертикальных и горизонтальных электродов:

$$R_{\text{В}} = \frac{r_{\text{В}}}{N_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}}}, \quad (30)$$

$$R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (31)$$

где  $R_{\text{В}}$  и  $R_{\Gamma}$  – сопротивления вертикального и горизонтального электродов с учётом коэффициента использования, Ом;

$\eta_{\Gamma}$  – коэффициент использования горизонтального электрода [21].

Уточнённые коэффициенты использования для вертикального и горизонтального электродов будут равны:

$$\eta_{\text{В}} = 0,49 \text{ и } \eta_{\Gamma} = 0,42$$

Определяем сопротивления с учётом коэффициента использования по формуле (27) и (28):

$$R_{\text{В}} = \frac{51}{21 \cdot 0,49} = 4,96 \text{ Ом},$$

$$R_{\Gamma} = \frac{4,08}{0,42} = 9,71 \text{ Ом}.$$

Найдём фактическое сопротивление заземляющего устройства по формуле:

$$R_{з.факт} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma}, \quad (32)$$

$$R_{з.факт} = \frac{4,96 \cdot 9,71}{4,96 + 9,71} = 3,28 \text{ Ом.}$$

Выполняется условие:

$$R_{з.доп} = 4 \text{ Ом} > R_{з.факт} = 3,28 \text{ Ом.}$$

Из этого следует, что заземляющее устройство будет эффективным.

По тяжести возможных последствий при поражении молнией защищаемого объекта, административное-офисное здание можно отнести к 3-ей категории, так как взрывоопасная среда отсутствует [16].

В нашем случае можно использовать одиночный стержневой молниеотвод, зона защиты которого представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте  $h_o < h$ . На уровне земли зона защиты образует круг радиусом  $h_o$ . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого объекта  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $r_x$ . Зоны защиты молниеотвода имеет следующие размеры:

$$h_o = 0,85 \cdot h; \quad (33)$$

$$r_o = 1,2 \cdot h; \quad (34)$$

$$r_x = \frac{r_o(h_o - h_x)}{h_o} \quad (35)$$

где  $h$  - высота стержневого молниеотвода, м;

$h_o$  – высота конуса, м;

$r_o$  – радиус конуса на уровне земли, м;

$r_x$  – радиус конуса на уровне высоты здания, м;

$h_x$  – высота здания, м.

Наглядно величины рассмотрим на рисунке 6.

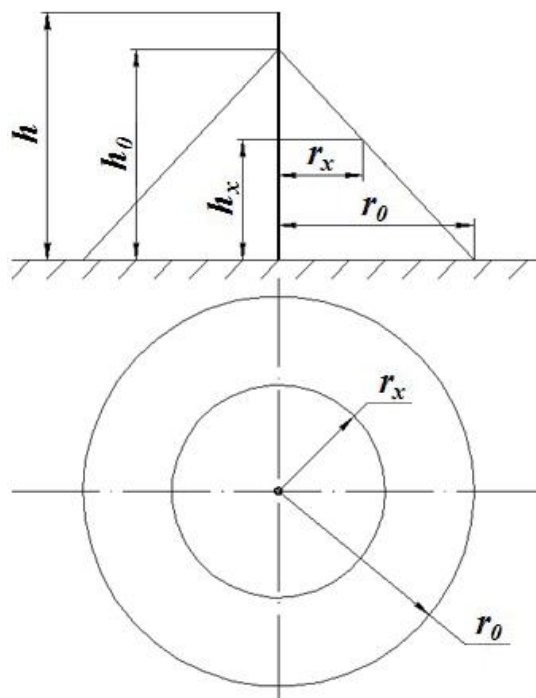


Рисунок 6 – Величины для расчёта зоны защиты стержневого молниеотвода

Рассчитаем по формулам (30-32) зону защиты молниеотвода:

$$h_0 = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ м.}$$

$$r_0 = 1,2 \cdot h_0 = 30 \text{ м.}$$

$$r_x = \frac{30(21,25-4)}{21,25} = 24,35 \text{ м.}$$

Зона защиты стержневого молниеотвода для административно-офисного здания представлена на рисунке 7.

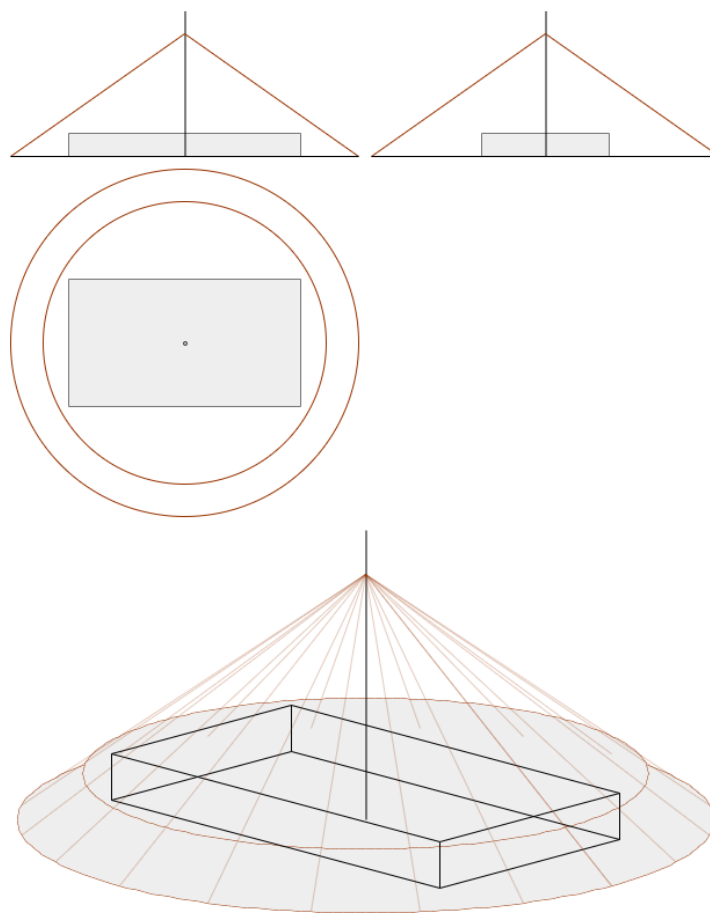


Рисунок 7 – Зона защиты стержневого молниеотвода

Для административно-офисного здания был подобран стержневой молниеотвод длиной 25 метров.

### 3.3. Обеспечение безопасности персонала

Основной целью любого работодателя в области охраны труда является сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности посредством [6]:

- предупреждения производственного травматизма, профессиональных заболеваний;
- обеспечения выполнения соответствующих нормативных требований охраны труда;



- оценки, управления и снижения профессиональных рисков.

Для создания безопасной обстановки, в которой исключён или сведён к минимуму травматизм, следует выявить все имеющиеся на рабочем месте опасности. В числе основных опасных и вредных факторов, которые могут встретиться в административно-офисном здании, можно выделить:

- появление опасного напряжения на корпусах электрооборудования при повреждении изоляции;
- поражение сотрудников электрическим током;
- получение травм различной тяжести при выполнении работ по монтажу, обслуживанию и ремонту электрического оборудования и сетей;
- опасность возникновения пожара;
- недостаточная освещённость рабочей зоны в течении дня;
- неблагоприятная температура в здании.

### **3.4. Экономический анализ проекта**

Проведём расчёт капиталовложений для административно-офисного здания. Затраты на электроснабжение объекта складываются из стоимости затрат на оборудование и стоимости его монтажа:

$$K = K_{об} + K_{м,()}$$

где  $K_{об}$  – стоимость электрооборудования, руб;

$K_{м}$  – стоимость монтажных работ.

Все средние стоимости электрооборудования определяем по популярным интернет-магазинам. Расчёт затрат на электрооборудование проведём в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты на приобретение электрооборудования

Наименование электрооборудования	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.	
			За единицу	Всего
1	2	3	4	5
Автоматические выключатели:				
ВА52-37 400А	шт.	1	6000	6000
IEK ВА66-31 63А	шт.	2	2700	5400
IEK ВА66-31 100А	шт.	1	2250	2250
IEK ВА66-31 25А	шт.	1	2700	2700
IEK 6А В ВА47-29	шт.	14	165	2310
IEK 10А В ВА47-29	шт.	19	138	2622
IEK С 20А М06N	шт.	6	485	2910
IEK С 32А М06N	шт.	4	540	2160
IEK С 40А М06N	шт.	1	590	590
IEK С 25А М06N	шт.	1	480	480
Итого по автоматическим выключателям:	27422 рубля			
Светильники:				
ДВО/ДПО-32w 4000лм 4000К opal-sand IP40 HIGHTECH	шт.	111	3350	371850
С 360/118 HF	шт.	10	5400	54000
Светильник 20 LED	шт.	12	450	5400
ЭРА 60W, ПДУ, 1100lm, 5000К, IP65 Б0046796	шт.	20	6900	138000
Итого по светильникам:	569250 рублей			
Кабели:				
ВВГнг-LS 3×1,5	м	2000	78	15600

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
ВВГнг-LS 3×2,5	м	3400	112	380800
ВВГнг-LS 3×4	м	400	162	64800
ВВГнг-LS 3×6	м	150	212	31800
ВВГнг-LS 5×2,5	м	15	139	2085
ВВГнг-LS 5×10	м	15	489	7335
Итого по кабелям:	1085620 рублей			
Устройства:				
Кондиционер TCL TAC-07CHSA/TPG	шт.	1	16000	16000
Кондиционер DEXP AC-SH18ONF	шт.	2	35000	70000
Кондиционер Centek CT-65H24	шт.	4	60000	240000
Кондиционер Centek CT-66A48	шт.	1	201500	201500
Сушилка для рук BIONIK модель BK4010	шт.	2	8700	17400
Рабочее офисное место	шт.	64	28800	1843200
Насос дренажный ЗУБР МАСТЕР НПГ-М1-750	шт.	1	4900	4900
Видеокамера HiWatch DS-I203 (D)	шт.	15	4900	73500
Видеокамера HiWatch DS-I200 (D)	шт.	8	4900	39200

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
IP-видеорегистратор HiWatch DS-N332/2 (B)	шт.	1	21000	21000
Розетки заземлением	шт.	128	200	25600
Итого по устройствам:	2552300 рублей			
Всего	4234592 рубля			

Рабочее офисное место включает в себя: стол, стул, системный блок, монитор, клавиатуру и мышку.

Стоимость монтажных и пусконаладочных работ будет составлять условно 30% от стоимости оборудования.

$$K_M = 0,3 \cdot K_{Об}, \quad (36)$$

$$K_M = 0,3 \cdot 4234592 = 1270377,6 \text{ руб.}$$

Определим полные затраты на исследуемый объект по формуле (33):

$$K = 4234592 + 1270377,6 = 5504969,6 \text{ руб.}$$

Вывод по разделу.

Затраты для закупки оборудования, произведения монтажных и пусконаладочных работ составили 5504969 рублей и 60 копеек.

## Заключение

В выпускной квалификационной была спроектирована система электроснабжения административно-офисного здания.

В ходе работы все электроприёмники были разделены на группы и подключены к щитам. Затем были рассчитаны электрические нагрузки основной и резервной системы электроснабжения, и нагрузки для системы освещения здания. Для каждого используемого устройства был подобран кабель и автоматический выключатель, который позволит защитить систему от сверхтоков. В работе рассчитаны и подобраны светодиодные светильники, которые создадут наиболее благоприятное освещение для персонала в офисе и не будут вызывать проблем со здоровьем у персонала. Подобраны светильники для уличного освещения, которые будут освещать двери объекта и его территорию. Рассчитана система заземление, выбрана молниезащита и показан радиус действия наглядно на картинке. Предусмотрена ситуация с подтоплением здания в следствии паводка и других климатических условий, выбран дренажный насос, который справится с задачей и создаст защищённость он неожиданных паводков. Произведён подсчёт используемых материалов, затрат на монтажные и пусконаладочные работы. Подавляющее большинство используемых материалов в работе высокого качества и от российских производителей.

По итогу, в выпускной квалификационной работе была спроектирована система электроснабжения административно-офисного здания, которая соответствует современным стандартам надёжности и безопасности персонала.

## Список используемой литературы

1. Вахнина В. В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы: электронное учебно-методическое пособие. -Тольятти [Электронный ресурс]: URL: <https://dspace.tltsu.ru/xmlui/handle/123456789/18603/> (дата обращения 10.02.2022)
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. -Тольятти: ФГБОУ ВО «Тольяттинский Государственный университет», 2016. -78 с.
3. Гвоздев, С.М. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие. -М.: Издательский дом МЭИ, 2013. -287 с.
4. Гоман В.В., Тарасов Ф.Е. Проектирование и расчёт систем искусственного освещения. –Екатеринбург.: УрФУ, 2013. -76 с.
5. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. -М.: Стандартиформ, 2014. -16 с.
6. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., А.В. Мельников. Основы охраны труда. –М.: Афиша, 2000. -351 с.
7. Карякин Р. Н. Заземляющие устройства электроустановок. -М.: Энергосервис, 2006. -520 с.
8. Киреева Э.А., Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчёта): справочное издание. –М: КноРус, 2016. -862 с.
9. Коробов Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. – Санкт-Петербург.: Лань, 2014. 191 с.
10. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М: Высшая школа., 1990. -368 с.

11. Найфельд М. Р. Заземление, защитные меры электробезопасности. – М.: Энергия, 1971. – 312 с.
12. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7 2022 год. Последняя редакция. –М: Центрмг, 2022. -464 с.
13. Сазыкин В.Г. Проектирование систем электроснабжения; учебное пособие. –Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2019. -248с.
14. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. –Санкт-Петербург: Детство-Пресс, 2021. -96 с.
15. Система электроснабжения [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_электро\\_снабжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_электро_снабжения) (дата обращения 04.02.2022).
16. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. –М.: утверждена приказом №280 от 30.06.2003. -29 с.
17. СП 52.1330.2011 Естественное и искусственное освещение. –М: Министерство регионального развития РФ от 27 декабря 2010 г. №783. -114 с.
18. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения. –Санкт-петербург: Лань, 2012. -479 с.
19. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. –М.: Форум, 2011. -136 с.
20. Шеховцов В.П. Расчёт и проектирование схем электроснабжения. – М.: Форум, Инфра-М, 2010. -214 с.
21. Электротехническая компания ЭТМ. [Электронный ресурс]: магазин электротехники. URL: <https://www.etm.ru/ipro3> (дата обращения 16.03.2022)
22. Croft T., Hartwell F.P., Summers W.I. American Electricians' Handbook. - New York City: McGraw-Hill Education, 2013. - 1712 p.

23. Kobayashi Haruo, Nabeshima Takashi. Handbook of Power Management Circuits. Pan Stanford, 2016. — 389 p.
24. Sheldrake A.L. Handbook of Electrical Engineering. Hoboken : Wiley, 2003. -131 p.
25. Stan Gibilisco. Beginner's Guide to Reading Schematics. New York: McGraw - Hill Education, 2014. -192 p.
26. Yavuzturk, C., J.D. Spitler. A Short Time Step Response Factor Model for Vertical Ground Loop Heat Exchangers. Oklahoma: ASHRAE Transactions, 1999. -475 p.



## Приложение А

### Сводная ведомость нагрузок для административно-офисного здания

Таблица А.1 – Сводная ведомость нагрузок для административно-офисного здания

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Напряжение U, В	Установленная (номинальная) мощность $P_y$	Расчётные коэффициенты			Расчётная мощность			Расчётный ток	
					спроса $K_c$	мощности		активная, $P_p$ , кВт	реактивная, $Q_p$ , квар	полная, $S_p$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p,max}$ , А
						cosφ	tgφ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF2	ЩР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QF6	ОП1	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,05	3,83
QF7	ОП2	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,05	3,83
QF8	ОП3	1	220	1,36	0,8	0,95	0,33	1,09	0,36	1,15	5,23	6,51
QF9	ОП4	1	220	0,7	0,8	0,95	0,33	0,56	0,18	0,59	2,68	3,35
QF10	ОП5	1	220	0,7	0,8	0,95	0,33	0,56	0,18	0,59	2,68	3,35
QF11	ОП6	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,05	3,83

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF12	ОП7	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,05	3,83
QF13	ПО	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,32	2,87
QF14	с/у	1	220	1,2	0,8	0,95	0,33	0,96	0,32	1,01	4,6	5,74
QF15	ТП	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,32	2,87
QF16	К.Зал	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,32	2,87
QF17	коридор	1	220	0,5	0,8	0,95	0,33	0,4	0,13	0,42	1,91	2,39
-	Итого по розеточной сети:	3	380	9,46	0,8	0,95	0,33	7,57	5,86	9,57	14,54	15,13
QF3	ЩК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QF18	ОП1	1	220	5	0,8	0,75	0,88	4	3,52	5,33	24,23	30,30
QF19	ОП2	1	220	5	0,8	0,75	0,88	4	3,52	5,33	24,23	30,30
QF20	ОП3	1	220	6	0,8	0,75	0,88	4,8	4,22	6,39	29,05	36,36
QF21	ОП4	1	220	3	0,8	0,75	0,88	2,4	2,11	3,20	14,55	18,18

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF22	ОП5	1	220	3	0,8	0,75	0,88	2,4	2,11	3,20	14,55	18,18
QF23	ОП6	1	220	4	0,8	0,75	0,88	3,2	2,82	4,27	19,41	24,24
QF24	ОП7	1	220	4	0,8	0,75	0,88	3,2	2,82	4,27	19,41	24,24
QF25	ПО	1	220	1	0,8	0,75	0,88	0,8	0,70	1,06	4,82	6,06
QF26	К.Зал	1	220	1,5	0,8	0,75	0,88	1,2	1,06	1,60	7,27	9,09
-	Итого по компьютерной сети:	3	380	32,5	0,8	0,75	0,88	25,42	22,88	34,20	51,96	69,28
QF4	ЩВК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QF27	ОП1	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,66	2,76	12,55	17,9
QF28	ОП2	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,66	2,76	12,55	17,9
QF29	ОП3	1	220	3,4	0,7	0,8	0,75	2,38	1,79	2,98	13,55	19,32
QF30	ОП4	1	220	1,7	0,7	0,8	0,75	1,19	0,89	1,49	6,77	9,66
QF31	ОП5	1	220	1,7	0,7	0,8	0,75	1,19	0,89	1,49	6,77	9,66

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF32	ОП6	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,66	2,76	12,55	17,9
QF33	ОП7	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,66	2,76	12,55	17,9
QF34	ПО	1	220	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	1,31	5,95	8,52
QF35	К.Зал	1	220	4,45	0,7	0,8	0,75	1,05	2,34	3,9	17,73	25,28
-	Итого по сети кондиционеров:	3	380	25,35	0,7	0,8	0,75	22,19	16,66	27,75	42,16	52,70

## Приложение Б

### Сводная ведомость электрических нагрузок для административно-офисного здания

Таблица Б.1 - Сводная ведомость электрических нагрузок для административно-офисного здания

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Напряжение U, В	Установленная (номинальная) мощность $P_y$	Расчётные коэффициенты			Расчётная мощность			Расчётный ток	
					спроса $K_c$	мощности		активная, $P_p$ , кВт	реактивная, $Q_p$ , квар	полная, $S_p$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p.max}$ , А
						cosφ	tgφ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF5	Сеть освещения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QF36	ОП1	1	220	0,384	0,95	0,9	0,48	0,365	0,175	0,405	1,84	1,94
QF37	ОП2	1	220	0,384	0,95	0,9	0,48	0,365	0,175	0,405	1,84	1,94
QF38	ОП3	1	220	0,480	0,95	0,9	0,48	0,456	0,219	0,506	2,3	2,42
QF39	ОП4	1	220	0,256	0,95	0,9	0,48	0,243	0,117	0,270	1,23	1,29
QF30	ОП5	1	220	0,256	0,95	0,9	0,48	0,243	0,117	0,270	1,23	1,29

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QF31	ОП6	1	220	0,320	0,95	0,9	0,48	0,304	0,146	0,337	1,53	1,62
QF32	ОП7	1	220	0,320	0,95	0,9	0,48	0,304	0,146	0,337	1,53	1,62
QF33	ПО	1	220	0,096	0,95	0,9	0,48	0,091	0,044	0,101	0,46	0,48