

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОРЕМОНТНОГО  
ЦЕХА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04. Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
Профиль подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений,  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 694

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное  
государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования Кафедра энергетики и  
транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭТ  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОРЕМОНТНОГО  
ЦЕХА**

Исполнитель:  
студент группы ДЗЭС-511 \_\_\_\_\_ Ш.К. Мухамметбердиев

Руководитель:  
Главный инженер проекта  
ООО «ПФ «Тяжпромэлектропривод» \_\_\_\_\_ В.П. Чудновский

Нормоконтролер:  
ст. преподаватель кафедры ЭТ \_\_\_\_\_ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018



## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 56 страницах, содержит 9 рисунков, 9 таблиц, 29 источников литературы, а также 4 приложения на 6 страницах.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, АВТОРЕМОНТНЫЙ ЦЕХ, ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА.

Мухамметбердиев Ш. К. Проектирование энергоснабжения авторемонтного цеха: выпускная квалификационная работа / Ш.К. Мухамметбердиев; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 56 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Проектирование энергоснабжения авторемонтного цеха».

2. Цель работы: спроектировать систему энергоснабжения авторемонтного цеха.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен расчет электрических нагрузок, выбраны провода, произведен расчет и выбор устройств защитной аппаратуры, произведен расчет заземляющего устройства и выбор молнии защиты, выбраны источники теплоснабжения, произведено технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения.

4. Выполнена с современным электрооборудованием с применением надежных средств защиты от поражения электрическим током. Материалы, которые используются в проекте, обладают высокими характеристиками, длительными сроками службы и просты в эксплуатации.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		5
1	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	7
2	ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОРЕМОНТНЫХ ЦЕХОВ	9
	2.1. Электрическое освещение	11
	2.2. Электротехническая часть	11
	2.3. Расчет электрических нагрузок	12
	2.4. Общие принципы выбора проводов и кабелей	15
	2.5. Общие принципы выбора защитной аппаратуры	16
	2.6. Основные принципы учета электроэнергии	17
	2.7. Основные требования к установке приборов учета	19
	2.8. Выбор счетчика электрической энергии	20
	2.9. Выбор автономного источника теплоснабжения	22
	2.10. Технико-экономический расчет	25
	2.11. Составление сметы капиталовложений	26
	2.12. Технико-экономическое сравнение установки и обслуживания котлов	28
3	РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ АВТОРЕМОНТНОГО ЦЕХА	30
	3.1. Устройство защитного отключения	33
	3.2. Защитное заземление и уравнивание потенциалов	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		43
Приложение А - Схемы электрические		48
Приложение Б - План прокладки сети освещения		49
Приложение В - План прокладки розеточной сети		50
Приложение Г - Молниезащита и система заземления		51

## **ВВЕДЕНИЕ**

Авторемонтный цех — помещение производящее техническое обслуживание и ремонт подвижного состава сторонних организаций, не имеющих собственной ремонтной базы.

Проект электроснабжения для автомастерской должен иметь точный расчет уровня нагрузки и соответствующие ей сечения кабелей для электропитания осветительного и другого оборудования. Автомастерские - помещения с повышенной опасностью, поэтому особое внимание при проектировании и выполнении электромонтажа уделяется обеспечению пожаробезопасности зданий.

Очень часто при строительстве автомастерской совершается ошибка, заключающаяся в недостаточном внимании к составлению проекта электроснабжения. Осуществляя проектирования строительства автомастерской, об электрике либо забывают, либо не уделяют этому вопросу должного внимания.

Проектные работы по электрообеспечению автомастерской должны осуществляться вместе с проектированием всего здания. Уже на этом этапе следует предусмотреть расположение электробытовых приборов, розеток, светильников и спроектировать систему освещения участка, подсветки фасада, а также декоративных ландшафтных элементов.

В автомастерских работы ведутся круглый год. Естественно, без электроснабжения сделать это будет невозможно. Проводка должна монтироваться так, чтобы вся сеть без труда выдерживала высокие нагрузки и скачки напряжения.

*Объектом исследования* является авторемонтный цех.

*Предметом исследования* является электрооборудование авторемонтного цеха.

*Цель работы* - выполнить проект энергоснабжения авторемонтного цеха.

*Задачи работы:*

- произвести расчет электрических авторемонтного цеха;
- выбрать провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
- произвести расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
- выполнить проверку выбранной защитной аппаратуры;
- произвести расчет заземляющего устройства;
- произвести расчет и выбор молниезащиты;
- выбрать источники теплоснабжения авторемонтного цеха;
- произвести технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения авторемонтного цеха.

## 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В выпускной квалификационной работе требуется рассчитать энергоснабжение авторемонтного цеха, площадь под здание - 80 м<sup>2</sup>, общая площадь всех помещений – 140 м<sup>2</sup>.

В авторемонтном цехе находится собственная котельная. Электроснабжение котельной осуществляется от отдельного щита, подключенного к электрощиту авторемонтного цеха.

Отопление авторемонтного цеха производится от собственной автономной котельной установки. Водоснабжение осуществляется из автономной системы. Водоотведение производится в автономную систему канализации со сбором сточных вод в накопитель. Газоснабжение авторемонтного цеха производится централизованно от газораспределительной станции.

Проектируемый авторемонтный цех представляет собой одноэтажное строение без подвального помещения. Планировка проектируемого авторемонтного цеха показана рисунках 1.

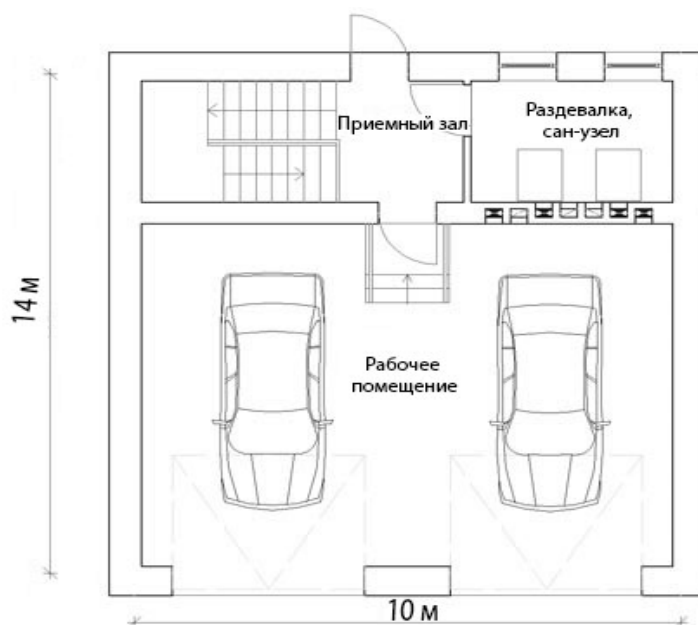


Рисунок 1 – План рабочего помещения



Проектирование электроустановок авторемонтного цеха осуществляется в соответствии с заданием заказчика. При этом все технические решения в проекте электротехнической части должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов.

В таблице 1 представлено техническое задание на проектирование электрооборудования авторемонтного цеха, согласованное с заказчиком.

Таблица 1 – Техническое задание на проектирование электрооборудования

Потребители электроэнергии	Помещения цеха						
	вход	рабочее помещение	кабинет	столовая	кухня	санузел	котельная
Электрическое освещение, кВт	0,07	0,75	0,5	0,3	0,4	0,1	0,050
Число розеток на ток 10(16)А	1	5	3	5	3	-	1
Духовой шкаф	-	-	-	-	+	-	-
Кран балка	-	+	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	-	+	+	+	+	-	-
Персональный компьютер	-	-	+	-	-	-	-
Газовый котел, кВт	-	-	-	-	-	-	0,12

## **2 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОРЕМОНТНЫХ ЦЕХОВ**

Основные требования к электроустановкам авторемонтных цехов отражены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), стандартах России и МЭК, Строительных нормах и правилах (СНиП), сводах правил (СП), инструкциях, рекомендациях, указаниях, выпускаемых Госстроем РФ, Ростехнадзором, Энергосбытом и другими уполномоченными государственными органами.

Все требования направлены на обеспечение надежности, электро-, пожаробезопасности и экономичности электроустановок при соблюдении условий обслуживания.

Надежность электроснабжения авторемонтных цехов должна соответствовать требованиям ПУЭ, СП31-110-2003 и других нормативных документов. По классификации ПУЭ это, как правило, потребители II и III категорий надежности.

Электроснабжение авторемонтных цехов с установленной мощностью электроприемников более 11кВт следует, как правило, осуществлять от трехфазной сети. Неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам не должна превышать 15%.

Всё электрооборудование, применяемое в отдельных помещениях авторемонтного цеха или в постройках на приусадебных участках по степени защищенности от влаги, пыли, химически активных веществ, и от поражения людей электрическим током должно соответствовать международному классификатору - IP-коду, который определен в ГОСТ 14254-96 (стандарт МЭК 529-89).

Авторемонтные цеха должны быть оборудованы молниезащитой.

Проект электроснабжения должен обеспечивать энергоэффективность, эстетичность и функциональность электроустановки авторемонтного цеха.

Под энергоэффективностью подразумевается рациональное использование электроэнергии в быту.

Под эстетичностью авторемонтного цеха понимается архитектурно-художественное оформление инструментов помещений, поэтому электроустановки в этих помещениях не должны нарушать общих дизайнерских решений.

Функциональность электроустановок определяется удобством их использования в быту.

При проектировании электроустановки в авторемонтном цехе важную роль играет знание режимов работы бытовых потребителей. В таблице 2 приведены данные, характеризующие режимы работы бытовых электроприборов.

Таблица 2 – Режимы работы электроприборов

Режим работы	Параметры, характеризующие режим работы	Примеры	Примечание
Длительный непрерывный	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть и потребляет электроэнергию	Электрическое освещение, телерадиоаппаратура, компьютеры	
Длительный прерывистый	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть; потребляет электроэнергию при отклонениях заданного параметра	Насосные установки - на период заполнения или опорожнения емкости Водонагревательные и отопительные приборы – на период нагрева до заданной температуры; Холодильники - на период включения компрессора до заданной температуры.	Работа в автоматическом режиме
Длительный эпизодический	Включен в электрическую сеть более 30 мин и потребляет электроэнергию	Болгарка, сверло, дрель, точильный станок и др.	
Кратковременный эпизодический	Включен в электрическую сеть менее 30 мин и потребляет электроэнергию	Чайники, кофеварки, электрофены, электробритвы и т.п.	

## **2.1. Электрическое освещение**

Освещение является одним из важнейших факторов, характеризующих комфортность авторемонтного цеха. Электрическое освещение обеспечивает возможность нормальной работы работников в быту при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

В данной работе на основании технического задания, согласованного с заказчиком, были приняты следующие решения:

- во всех помещениях применена система общего освещения;
  - для бокового освещения выбраны настенные одноламповые светильники со степенью защиты IP- с светодиодными лампами 12Вт;
  - для освещения прихожей, холла выбраны потолочные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 со светодиодными лампами 12Вт;
  - для освещения санузла выбран одноламповый потолочный светильник со степенью защиты IP-20 с светодиодной лампой 12Вт;
  - для освещения котельной выбран один потолочный светильник со степенью защиты IP-44 с двумя люминесцентными лампами мощностью 24Вт
- Управление освещением авторемонтного цеха - местное, осуществляется однополюсными выключателями и переключателями, установленными в помещениях со стороны дверных ручек.

## **2.2 Электротехническая часть**

Прокладку групповой сети следует, как правило, выполнять скрытой, установленной в каналах, пустотах строительных конструкций, в пластмассовых или стальных трубах.

На основании всего вышеизложенного, в работе были приняты следующие решения:

- горизонтальные участки кабелей групповых сетей прокладывать по стенам скрыто под слоем ГК (штукатурки), по потолку - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к потолку при помощи пластиковой скобы 15мм через каждые 1-1,5м;

- вертикальные участки кабелей групповой сети прокладывать скрыто под слоем ГК (штукатурки), - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к стенам при помощи пластиковой скобы 15мм через каждые 1-1,5м.

Напряжение рабочего освещения 220В.

В авторемонтном цехе предусмотрена установка встраиваемых розеток, а также предусмотрены спуски кабеля с потолка и выходы из пола для подключения стационарного электрооборудования. В зоне ванных комнат, котельной и у входов/выходов предусмотрена установка встраиваемых розеток со степенью защиты не ниже IP-44. Розеточная сеть защищена от токов утечки установкой дифференциальных автоматов на ток утечки 30мА.

Щит учетно-распределительный (ЩР-Д) устанавливается в нишу стены на высоте 1,8м от уровня пола, а распределительный (ЩР-Кот) - на стену на высоте 1,8м от уровня пола.

### **2.3 Расчет электрических нагрузок**

Расчет электрических нагрузок производим на основании технического задания (таблица 1). Для этого составляется сводная ведомость нагрузок (таблица 3) по авторемонтному цеху с учетом коэффициентов спроса  $K_c$ , использования  $K_{и}$ , и мощности  $\cos\phi$  и  $\operatorname{tg}\phi$ .

Под *коэффициентом спроса* по нагрузке понимается отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_C = P_p / P_y, \quad (1)$$

где  $P_p$  - расчетная электрическая нагрузка, кВт (30-мин максимум);

$P_y$  - установленная мощность электроприемников, кВт.

Под *коэффициентом использования* активной мощности одного или группы электроприемников понимается отношение фактически потребляемой мощности  $P$  к номинальной мощности  $P_H$ :

$$K_H = P / P_H. \quad (2)$$

Расчетная активная мощность (кВт) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$P_p = P_y \cdot K_C. \quad (3)$$

Расчетная реактивная мощность (квар) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi. \quad (4)$$

Полная мощность (кВА) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$S = P_p / \cos \phi. \quad (5)$$

Так как все электроприёмники (кроме электрического котла) однофазные, а питающая сеть трехфазная, то расчетный ток (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \phi}. \quad (6)$$

Величина максимального расчетного тока (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_{p,\max} = \frac{P^y}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} \cdot \frac{P^y}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \phi} \quad (7)$$

Для группы электроприёмников:

- коэффициент спроса  $\Sigma P^p$

$$K_C = \frac{\Sigma P^p}{\Sigma P_y}; \quad (8)$$

$\Sigma P_y$  - коэффициенты мощности

$$\cos \phi = \frac{\Sigma P^p}{\Sigma S}; \quad (9)$$

$\Sigma S$

$$\operatorname{tg} \phi = \operatorname{tg}(\arccos \phi). \quad (10)$$

Таблица 3 – Сводная ведомость нагрузок по авторемонтному цеху

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная (номинальная) мощность $P_y$ , кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная мощность			Расчетный ток	
				спроса $K_C$	мощности		активная, $P_p$ , кВт	реактивная, $Q$ , квар	полная, $S$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p,max}$ , А
					$\cos\varphi$	$tg\varphi$					
	ЩР-Кот										
QF1	Электрический котел	3	7	0,8	0,95	0,33	7,2	2,38	7,58	11,53	14,41
QF2	Розетки насосов	1	2,0	0,8	0,75	0,88	1,6	1,41	2,13	3,25	4,06
	ИТОГО по ЩР-Кот	-	9	1,6	1,7	1,21	8,8	3,79	9,71	14,78	18,47
	ЩР-Д										
QF1	ЩР-Кот.	3	9	1,6	1,7	1,21	8,8	3,79	9,71	14,78	18,47
QF2	Освещение	1	2,38	1,0	1,0	0	2,38	0	2,38	3,62	3,62
QSF3	Розетки кухни	1	2,0	0,5	0,85	0,62	1,0	0,62	1,18	1,79	3,58
QSF4	Розетки рабочего помещения	1	2,0	0,6	0,85	0,62	1,2	0,74	1,41	2,15	3,58
QSF5	Розетки вход/выход	1	1,0	0,5	0,85	0,62	0,5	0,31	0,59	0,89	1,79
QF6	Вентиляторы	1	1,0	0,5	0,8	0,75	0,5	0,38	0,63	0,95	1,90
	ИТОГО по ЩР-Д	-	17,38	4,7	6,05	3,82	14,38	5,84	15,9	24,18	32,94

## 2.4 Общие принципы выбора проводов и кабелей

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. В пределах авторемонтного цеха используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000В.

Типы проводов или кабелей определяют:

- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общих оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение ( круглый, плоский, самонесущий и др.);

Выбор типа провода или кабеля зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);
- от уровня напряжения питающей сети.

Выбранные проводники и защищающие их устройства должны удовлетворять следующим условиям:



- проводить, не перегреваясь, расчетный ток нагрузки, а также выдерживать кратковременные перегрузки;
- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений;
- защитные устройства (автоматические выключатели, предохранители) должны защищать проводники от перегрузки и коротких замыканий.

## **2.5 Общие принципы выбора защитной аппаратуры**

Любое электрооборудование должна быть защищена устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Под сверхтоком понимается любой ток, превышающий номинальный. Обычно сверхтоки появляются при перегрузки или короткого замыкания в электроустановках.

В качестве защитной аппаратуры автоматического отключения применяются плавкие предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели.

Учитывая, что электрооборудование авторемонтного цеха повышенной комфортности и в последние годы оснащаются в основном автоматическими выключателями и дифференциальными автоматическими выключателями, рассматриваем только этот вид защитной аппаратуры.

Для выполнения защитных функций автоматические выключатели оснащаются разными тепло расцепителями.

В автоматических выключателях бытового назначения применяются: максимальный тепло расцепитель тока, максимальный тепло расцепитель с

обратнозависимой выдержкой времени, максимальный расцепитель тока прямого действия и тепловой расцепитель перегрузки.

В бытовом электрооборудовании в целях защиты от сверхтоков используются, как правило, автоматические выключатели, выпускаемые по ГОСТ Р 50345-2010 [9].

Стандарт формирует три типа характеристик мгновенного расцепления (таблица 6): В, С и D. Ниже приведены диапазоны мгновенного расцепления выключателя в зависимости от кратности сверхтока по отношению к номинальному току  $I_n$ :

Таблица 6 – Типы защитной характеристики.

Тип защитной характеристики	Диапазон
В	Свыше $5 I_n$ до $10 I_n$ включительно
С	Свыше $10 I_n$ до $20 I_n$ включительно
D	Свыше $30 I_n$ до $50 I_n$ включительно

В электрооборудовании авторемонтного цеха в основном используются автоматические выключатели с характеристиками типов В и С. При выборе автоматического выключателя необходимо учитывать предполагаемую температуру окружающей среды в месте его установки.

## 2.6 Основные принципы учета электроэнергии

Основным нормативным документом, регламентирующим учет электроэнергии в Российской Федерации, являются Правила учета электрической энергии. Кроме этого, в отдельных регионах РФ для отдельных категорий потребителей выпущены дополнительные инструкции, детализирующие общероссийские нормы согласно к местным условиям.

Например, в г. Москве действует Инструкция по проектированию учета электропотребления в авторемонтных цехах РМ-2559 .

На основании указанных выше нормативных документов созданы принципы организации учета электроэнергии в авторемонтном цехе, заключаются в следующем:

- для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений. Список типов счетчиков, используемых для расчетов за электроэнергию и принимаемых на баланс, устанавливается энергоснабжающей организацией.

- в проекте электрооборудования на принципиальной электрической схеме для каждого абонента должны приводиться следующие данные: по категории надежности электроснабжения, об установленных мощностях, расчетных нагрузках и коэффициентах реактивной нагрузки. Если в составе потребителя имеются нагрузки, относящиеся к разным тарификационным группам, то эти данные также должны быть приведены в проекте.

- граница раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, как правило, должна устанавливаться на вводе в здание на конечниках питающих кабелей.

- при питании нагрузок авторемонтного цеха от встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП), граница раздела с энергоснабжающей организацией формируется проектной организацией по согласованию с заказчиком и энергоснабжающей организацией.

- если в авторемонтном цехе расположено несколько потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении, то на каждого потребителя, в том числе арендатора, возлагаются обязанности абонента.

- при переоборудовании и при перепланировке авторемонтного цеха владелец должен обеспечить разработку проекта электрооборудования авторемонтного цеха, предварительно получив технические условия по организации учета, разрешение на использование электроэнергии для термических целей и разрешение на присоединение мощности в энергоснабжающей организации.

## **2.7 Основные требования к установке приборов учета**

Установка приборов учета должна проводиться с учетом Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и Инструкций энергоснабжающих организаций. Приборы учета покупаются и устанавливаются за счет потребителей и передаются на баланс энергоснабжающей организации безвозмездно.

Установка счетчиков должна выполняться на жестких основаниях щитков, на панелях ВРУ и на других конструкциях, не допускающих сотрясений и вибраций. Крепление счетчиков должно быть обеспечено с лицевой стороны.

В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц, для счетчиков должен предусматриваться закрывающийся на замок шкаф с окошком для снятия показаний.

Разрешается установка счетчиков в неотапливаемых помещениях, а также в шкафах наружной установки, если условия эксплуатации счетчиков (технические характеристики) предусматривают возможность такой установки. Около каждого расчетного счетчика обязана быть гравировка о наименовании присоединения.

Трехфазные счетчики на вводах авторемонтного цеха и других частных сооружений следует, как норма, применять прямого включения.

Перед расчетными счетчиками, непосредственно включенными в сеть, на расстоянии не более 15м по длине проводки обязан быть установлен защитный аппарат, позволяющий снять напряжение со всех фаз для безопасной замены счетчиков и обеспечивающий защиту сети от перегрузки.

После счетчика обязан быть установлен аппарат защиты не далее чем на расстоянии 3м по длине электропроводки, если после счетчика на отходящих линиях или линии не предусмотрены защитные аппараты.

Если после счетчика выходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется. Если после счетчика выходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, которые размещены за пределами помещения, где установлен счетчик, то после счетчика обязан быть установлен общий отключающий аппарат.

## **2.8 Выбор счетчика электрической энергии**

Основным элементом, обеспечивающим учет электроэнергии, является счетчик электрической энергии.

*Счетчик электрической энергии* - интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию.

Все счетчики обладают классом точности, который представляется как число, равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах, для всех значений диапазона измерений тока - от минимального до максимального значения, коэффициентом мощности, равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика отмечаются цифрой в круге.

Согласно ПУЭ [23, п.1.5.15], для учета электроэнергии квартир и авторемонтных цехов следует устанавливать счетчики классом точности не ниже 2,0.

Для измерений электроэнергии переменного тока используются индукционные (механические) и электронные (цифровые) счетчики.

*Индукционный (механический) счетчик* - принцип его работы основан на воздействии магнитного поля неподвижных катушек, по обмоткам которых протекает ток, на подвижный элемент – диск.

Такие счетчики отличаются низкой стоимостью, а также высоким качеством и надёжностью. Недостатками таких счетчиков являются:

- плохая (очень низкая) защита от воровства электроэнергии;
- относительно низкий класс точности (высокая погрешность);
- низкая функциональность.

*Электронный (цифровой) счетчик* - современное средство учёта электроэнергии. Несмотря на высокую стоимость (по сравнению с

механическими счётчиками), такие счётчики имеют хорошие технические параметры и приличные сервисные функциями.

Характерными отличиями данных счетчиков являются:

- высокий класс точности;
- долговечность, отсутствие подвижных деталей;
- возможность реализации многотарифной системы учета;
- возможность создания автоматизированной системы учёта потребляемой энергии (АСКУЭ);
- наличие внутренней памяти для хранения информации по потребленной электроэнергии.

На основании всего изложенного для учета электроэнергии проектируемого авторемонтного цеха по каталогу принимаем к установке трехфазный электронный счетчик прямого включения ЭНЕРГОМЕРА СЕ301-R33. Данный счётчик устанавливается в щиток на DIN-рейку, осуществляет измерение и учет активной электрической энергии в трехфазных четырёхпроводных сетях переменного тока, класс точности – 1,0.

## **2.9 Выбор автономного источника теплоснабжения**

Для отопления авторемонтных цехов в настоящее время используют водяное отопление с источниками теплоснабжения на жидком и газообразном топливе, а также электрические котлы.

Наиболее совершенно отопление от электрических котлов - оно более экологично, безопасно и комфортно. Капитальные затраты на установку

электрического котла гораздо ниже, чем других источников тепла. Кроме того, электрический котел не требует оборудования дымохода, специального помещения (котельной), топливопроводов, дополнительный резервуар. Но, несмотря на все совершенства, у электрических котлов есть недостатки, которые становятся главными и заставляют отказаться от использования таких котлов. Самый решающий недостаток - это высокая стоимость электроэнергии. Другой недостаток - сложность с приобретением на объект дополнительной электрической мощности.

В связи с выше изложенным, в проектируемом авторемонтном цехе электрический котел устанавливаем в качестве резервного источника теплоснабжения.

Общая площадь всего авторемонтного цеха - 140,м<sup>2</sup>. Следуя из отапливаемой площади помещений, в качестве резервного источника теплоснабжения принимаем к установке по каталогу электрический котел ЭЛВИН ЭВП-14 ЭУ тепловой мощностью 14 кВт.

Данный электрический котел оснащен электронным управлением и предназначен для водяного отопления помещений авторемонтного цеха. Качеством данного электрического котла является то, что он может использоваться как автономно, так и совместно с газовыми и другими видами котлов. Технические характеристики котла представлены в таблице 10.



Таблица 10 - Технические характеристики электродкотла ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ

Наименование параметра	Котёл ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ
Номинальное напряжение, В	380
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная потребляемая мощность, кВт	14
Тепловая мощность, кВт	14
Рекомендуемая площадь отапливаемых помещений, м <sup>2</sup>	140
Максимальная площадь отапливаемых помещений, м <sup>2</sup>	200
Регулировка температуры воды, С <sup>0</sup>	Автоматическая 1 - 89 <sup>0</sup> С <sup>0</sup>
Теплоноситель	Вода водопроводная ГОСТ 2874
Габаритные размеры, мм	
Ширина	300
Глубина	200
Высота	500
Масса, кг, не более	25
Срок службы, лет	5

Газ - является самым дешевым видом топлива в стране. Именно этот момент изменил наиболее желательный отопительный аппарат - газовый котел.

Несмотря на то, что основные затраты на установку газового котла значительно превышают основные затраты на установку электрического, разница в стоимости газа и электроэнергии окупает газовые котлы в очень сжатые сроки.

Таким образом, в качестве основного источника теплоснабжения в проектируемом авторемонтном цехе допускаем газовый котёл.

Исходя из площади отапливаемых помещений авторемонтного цеха  $S = 140\text{ м}^2$ , допускаем к установке по каталогу настенный газовый котел ВAХI ЕСO Four 1.14F. Данный газовый котёл служит одноконтурным, т.е. предназначен только для отопления помещений авторемонтного цеха.

Технические характеристики газового котла BAXI ECO Four 1.14F представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Технические характеристики котла BAXI ECO Four 1.14F

Наименование параметра	Котёл BAXI ECO Four 1.14F
Номинальное напряжение, В	220
Потребляемая электрическая мощность, кВт	0,12
Тепловая мощность, кВт	14

Таблица 11 - Технические характеристики котла BAXI ECO Four 1.14F

Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	140
Вид топлива	Природный газ
КПД, %	92,5
Габаритные размеры, мм	
Ширина	400
Глубина	299
Высота	730
Масса, кг	29

## 2.10 Технико-экономический расчет

В выпускной квалификационной работе необходимо сравнить затраты при установке и эксплуатации газового и электрического котлов теплоснабжения авторемонтного цеха.

В выпускной квалификационной работе в ходе расчетов были выбраны к установке два источника теплоснабжения – газовый котел BAXI ECO Four 1.14F настенного исполнения, являющийся основным источником теплоснабжения, и электрический котел ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ, являющийся резервным источником теплоснабжения.

## 2.11 Составление сметы капитальных вложений

Вычисляем основные вложения на установку газового котла ВАХИ ECO Four 1.14F и сводим их в таблицу 12 (все данные приведены в ценах 2018 года).

Таблица 12 – Смета капитальных вложений на установку газового котла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел газовый ВАХИ ECO Four 1.14F	1	50000	50000
Установка настенного газового котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки)	1	200000	200000
Монтаж дымоотводящей трубы	1	1500	1500
ИТОГО			251500

Основные вложения на установку электрического котла ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ сводим в таблицу 13 (все данные приведены в ценах 2018 года).

Убыточные расходы составляют 65% от капиталовложений, откуда формула для вычисления убыточных расходов:

$$P_H = 0,65 \cdot \Delta K, \quad (96) \text{ где } \Delta K \text{ – сумма капиталовложений, руб.}$$

Таблица 13 – Смета капитальных вложений на установку электрокотла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел электрический ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ	1	10000	10000
Установка электрического котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки, без подвода электропитания)	1	15000	15000
ИТОГО			25000

Определяем убыточные расходы:

- для газового котла

$$P_{HG} = 0,65 \cdot \Delta K_G = 0,65 \cdot 251500 = 163475 \text{руб.}, \quad (97)$$

- для электрического котла

$$P_{HE} = 0,65 \cdot \Delta K_E = 0,65 \cdot 25000 = 16250 \text{руб.} . \quad (98)$$

Плановые накопления составляют 40% от суммы капиталовложений и убыточных расходов, откуда формула для их вычисления:

$$H_{II} = 0,4 \cdot (\Delta K + P_H). \quad (99)$$

Определяем плановые накопления:

- для газового котла

$$H_{III} = 0,4 \cdot (\Delta K_G + P_{HG}) = 0,4 \cdot (251500 + 163475) = 258090 \text{руб.}, \quad (100)$$

- для электрического котла

$$H_{IIIE} = 0,4 \cdot (\Delta K_E + P_{HE}) = 0,4 \cdot (25000 + 16250) = 16500 \text{руб.} . \quad (101)$$

Общие капиталовложения  $K$ , руб., формируются как сумма капиталовложений на оборудование, убыточных расходов и плановых накоплений.

Определим общие капиталовложения для газового и электрического котлов:

- для газового котла

$$K_G = \Delta K_G + P_{HG} + H_{III} = 251500 + 163475 + 258090 = 673065 \text{руб.}, \quad (102)$$

- для электрического котла

$$K_E = \Delta K_E + P_{HE} + H_{IIIE} = 25000 + 16250 + 16500 = 57750 \text{руб.} . \quad (103)$$

## 2.12 Технико-экономическое сравнение эксплуатации котлов

Выбор лучшего варианта возьмем по минимуму затрат на энергию. а) Годовые затраты на газоснабжение составляют:

$$Z_G = Q_G \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_G, \quad (114)$$

где  $Q_G$  – номинальный расход газа, м<sup>3</sup>/час;

24 – количество часов в сутках, час;

218 – число дней отопительного периода,

$I_G$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> газа, руб.

Согласно каталожным данным [36], номинальный расход газа газового котла ВAХI ЕСO Four 1.14F составляет  $Q_G = 1,16 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Стоимость 1 м<sup>3</sup> газа на 2015 год составляет  $I_G = 4,55$  руб., откуда затраты на газоснабжение:

$$Z_G = Q_G \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_G = 1,16 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 4,55 = 27614,5 \text{ руб.} \quad (115)$$

б) Годовые затраты на электроэнергию составляют:

$$Z_E = P \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_E, \quad (116)$$

где  $P$  – мощность электрокотла, кВт;

$I_E$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Тариф на электроэнергию в 2016 году составляет  $I_E = 3,30$  руб. за кВт·ч, откуда затраты на электроэнергию:

$$Z_E = P \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_E = 9 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 3,3 = 155390,4 \text{ руб.} \quad (117)$$

Сведем полученные расчетные данные в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на потребляемую энергию

Потребитель энергии	Годовые затраты на потребляемую энергию, 3, руб.
Газовый котел	27614,5
Электрический котел	155390,4

На основании проведенных расчетов определяем, что при эксплуатации более выгоден газовый котел.

### **3 РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ АВТОРЕМОНТНОГО ЦЕХА**

Широкая эксплуатация электроэнергии во всех областях деятельности человека и в первую очередь в быту, связанное с увеличением количества и разнообразия электроприборов в авторемонтных цехах естественным образом влечет за собой повышение опасности поражения человека электрическим током.

С положения электробезопасности человек является проводником электрического тока. Электрический ток, проходящий через тело человека, причиняет термическое, электротермическое и биологическое воздействие. Величина электрического тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, выражающим вид поражения.

В ГОСТ Р 50571.3-2009 приведены требования к основным мерам защиты человека от поражения электрическим током, которые должны соблюдаться в электроустановках авторемонтных цехах. Все разнообразие опасных для здоровья и жизни человека контактов с электроустановкой авторемонтных цехах подразделяется в стандарте на «прямое прикосновение» и «косвенное прикосновение», которым соответствуют два вида защиты: защита от прямого прикосновения и защита от косвенного прикосновения.

ГОСТ Р 50571.3-2009 содержит требования к следующим мерам защиты от прямого прикосновения:

- к изоляции токоведущих частей;

- к применению ограждений и оболочек;
- к применению барьеров;
- к размещению вне зоны досягаемости;
- к дополнительной защите с помощью устройств защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения требованиями стандарта предусмотрены следующие меры:

- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;
- изолирующие помещения, зоны и площадки; - система местного уравнивания потенциалов; - электрическое разделение цепей.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 120В переменного тока и 36В постоянного тока.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 60 В переменного тока и 24



В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех остальных случаях.

Электрооборудование, применяемое для внутренней установки в авторемонтных цехах, в соответствии с ГОСТ IEC 61140-2012 по способам защиты от поражения электрическим током разделяют на четыре класса:

*Оборудование класса 0.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т.п.).

*Оборудование класса I.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты.

*Оборудование класса II.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции. В этом случае отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

*Оборудование класса III.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения и в котором не возникают

напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения. В оборудовании класса III не должно быть заземляющего зажима.

Степень защищенности электрооборудования от пыли, влаги и доступа нормируется ГОСТ Р 14254-96 (МЭК 529-89) на базе IP-кода.

Дополнительная защита от электропоражения при прямом прикосновении, как уже отмечалось выше, достигается путем применения УЗО.

Устройство защитного отключения является предупреждающим электрозащитным мероприятием и в сочетании с современными системами заземления (TN-S, TN-C-S) обеспечивает высокий уровень электробезопасности при эксплуатации электроустановок.

Защита от поражения при косвенном прикосновении (ГОСТ Р 50571.32009) обеспечивается следующими мероприятиями:

- применением УЗО;
- применением нулевых защитных проводников в электроустановках авторемонтных цехах с системой заземления TN в комплексе с устройствами защиты от сверхтоков - предохранителями, автоматическими выключателями.

Все проанализированные выше принципы обеспечения электробезопасности в полной мере относятся как непосредственно к цеху, так.

### **3.1 Устройство защитного отключения**

Устройства защитного отключения (УЗО), реагирующие на дифференциальный ток или ток небаланса, одинаково с устройствами защиты от сверхтока относятся к дополнительным видам защиты человека от

поражения электрическим током при косвенном прикосновении, обеспечиваемой путем автоматического отключения питания.

Устройство защитного отключения является единым средством, обеспечивающим автоматическую защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к одной из токоведущих частей.

Функционально УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на ток небаланса в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

Принцип работы УЗО основан на сравнении величины тока на входе и выходе защищаемого объекта. При равенстве этих токов ( $I_{\text{вх.}} = I_{\text{вых.}}$ ) УЗО не реагирует, если  $I_{\text{вх.}} > I_{\text{вых.}}$  УЗО чувствует утечку и срабатывает; то есть токи, протекающие по фазному и нейтральному проводникам должны быть равны (для однофазной сети, для трехфазной сети ток в нейтральном проводнике равен сумме токов, которые протекают в фазных проводниках).

Основным элементом конструкции УЗО является дифференциальный трансформатор тока, который изображает собой тороидальный сердечник, на который намотаны обмотки. Схема и принцип действия УЗО представлены на рисунке 6.

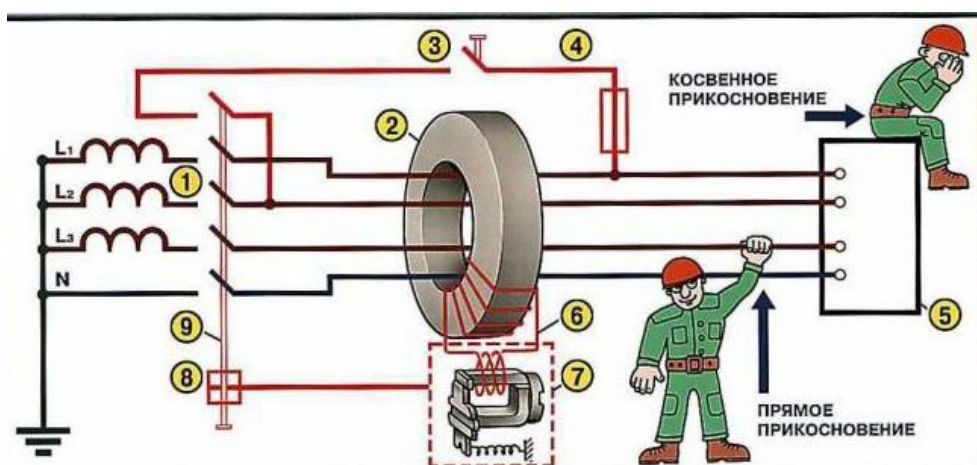


Рисунок 6 - Принцип работы устройства защитного отключения

При нормальной работе сети электрический ток, протекающий в фазном и нулевом проводниках, создает в этих обмотках переменные магнитные потоки, равные по величине, но противоположные по направлению. Результирующий магнитный поток в тороидальном сердечнике будет равен:

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_L - \Phi_N = 0 ; \quad (123)$$

Как видно, магнитный поток в сердечнике будет равен нулю, следовательно, ЭДС в контрольной обмотке наводиться не будет, ток в ней, соответственно, тоже. УЗО в этом случае не срабатывает.

Теперь представим, что человек коснулся электроприбора с поврежденной изоляцией и оказался под напряжением. В этом случае через УЗО кроме тока нагрузки будет протекать дополнительный ток – ток утечки через человека (см. рисунок 6). Таким образом, токи в фазном и нулевом проводниках не будут равны, и, соответственно, результирующий магнитный поток также не будет равен нулю:

$$\Phi_{\Sigma} \neq 0 ; \quad (124)$$

Под воздействием магнитного потока в контрольной обмотке возбуждается ЭДС, под действием ЭДС в ней возникает ток. Данный ток контрольной обмотки приводит в действие магнитоэлектрическое реле, которое отключает силовые контакты УЗО.

Для осуществления периодического осмотра исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования (кнопка «Т» на рисунке 6). При нажатии кнопки «Тест» неестественно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно исправно.

По условиям функционирования УЗО подразделяются на типы:

УЗО типа АС - устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий неожиданно либо медленно возрастающий.

УЗО типа А - устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие неожиданно либо медленно возрастающие.

УЗО типа В - устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный токи небаланса.

УЗО типа S - устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

УЗО типа G - то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени.

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 60755-2012 [16], ГОСТ Р 51326.1-99 и ГОСТ Р 51327.1-2010

УЗО характеризуются нижеуказанными нормируемыми параметрами.

*Номинальное напряжение* - действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО:

$$U_n = 220, 380\text{В.}$$

*Номинальный ток*  $I_n$  - ток, который УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы:

$$I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125\text{А.}$$

*Номинальный отключающий дифференциальный ток*  $I_{\Delta n}$  - дифференциальный ток, который вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации:

$$I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5A.$$

Номинальный неотключающий дифференциальный ток  $I_{\Delta n0}$  - дифференциальный ток, который не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации:

$$I_{\Delta n0} = 0,5 \cdot I_{\Delta n}. \quad (125)$$

В соответствии с ГОСТ Р 50571.3-2009 необходимым условием нормального функционирования УЗО в электроустановке авторемонтного цеха является отсутствие в зоне действия УЗО любых соединений нулевого рабочего проводника N с заземленными элементами электроустановки и нулевым защитным проводником PE.

Поскольку повреждение и старение изоляции возможны и в фазных, и в нулевом рабочем проводниках, а УЗО реагирует на утечку на землю с любого из них, в схемах TN-C-S на отходящих линиях следует устанавливать двух- и четырехполюсные автоматические выключатели. Только в этом случае можно методом поочередного включения линий найти и отключить неисправную цепь для обеспечения работы остальной части электроустановки без демонтажа вводно-распределительного устройства.

Применение УЗО обязательно:

- для групповых линий, питающих электроприемники наружной установки (ГОСТ Р 50571.3-2009);
- для мобильных сооружений (инвентарных зданий из металла или с металлическим каркасом) (ГОСТ Р 50699-94);
- для защиты штепсельных розеток (ГОСТ Р 50571.11-96).

Установка УЗО рекомендуется в разных случаях, связанных с вероятностью возникновения увеличенной опасности, например, при применении нагревательных элементов, встроенных в пол.

Кроме рассмотренных ранее УЗО без защиты от сверхтоков существуют также УЗО со встроенной защитой от сверхтоков – дифференциальные автоматы. Дифференциальный автоматический выключатель – это устройство, в котором одновременно совмещаются функции автоматического выключателя и защитные свойства УЗО.

В данной работе в целях обеспечения электробезопасности для защиты людей от попадания под действие электрического тока на всех розеточных сетях щита дома ЩР-Д установлены дифференциальные автоматы с характеристикой по УЗО типа АС на ток утечки 30мА.

### **3.2 Защитное заземление и уравнивание потенциалов**

По определению ПУЭ, заземление - сознательное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, а защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

В ГОСТ Р 50571.2-94 и в разделе 1.7 ПУЭ приведена классификация систем заземления, которые назначают общую характеристику питающей сети и электроустановки авторемонтных цехах. В соответствии с указанной классификацией принята система заземления проектируемого

авторемонтного цеха имеет обозначение TN-C-S. Электрическая схема данной системы представлена на рисунке 7.

В системе TN-C-S источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки авторемонтного цеха имеют непосредственную связь с точкой заземления источника питания.

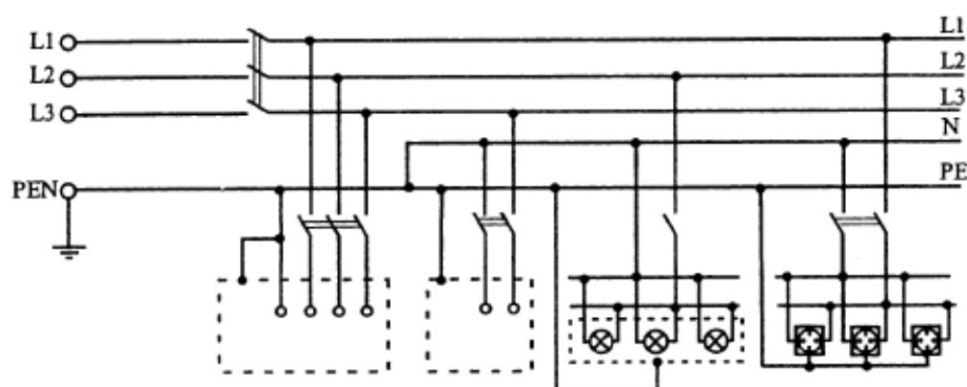


Рисунок 7 - Система TN-C-S

Для обеспечения этой связи на участке питающей электрической сети и (или) электрической цепи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN), в остальной части электрической цепи - отдельный нулевой защитный проводник (PE).

С точки зрения электробезопасности данная система заземления при применении УЗО имеет такое преимущество: при пробое изоляции на корпус электроприёмника УЗО мгновенно отключит электропитание, поскольку корпус электроприёмника имеет надежное соединение с защитным проводником.

В системе TN-C-S совмещенный нулевой и рабочий проводник PEN разделяется на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники во вводном устройстве (в проектируемом авторемонтном цехе вводным



устройством является щит дома ЩР-Д). При этом нулевой защитный проводник РЕ соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

Важным условием обеспечения электробезопасности является наличие системы *уравнивания потенциалов*, заключающейся в подсоединении всех подлежащих заземлению проводящих частей к общей шине (ГЗШ) для достижения равенства их потенциалов.

Системы заземления и уравнивания потенциалов осуществляются с помощью заземляющих устройств, являющихся собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель - это проводящая часть или комплекс соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

В выпускной работе в качестве заземлителя приняты два контура заземления (см. лист 4 графической части):

- контур заземления авторемонтного цеха (щита ЩР-Д) – замкнутый;
- контур заземления котельной (щита ЩР-Кот) – рядный.

В качестве ГЗШ в работе предусмотрено использование шин РЕ щитов ЩР-Д и ЩР-Кот.

Система *уравнивания потенциалов* авторемонтного цеха включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Д следующих проводников:

- проводника PEN питающего кабеля ВББШв 4х6;

- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления авторемонтного цеха;

- защитных проводников осветительных установок; - защитных проводников встроенных розеток;

Система *уравнивания потенциалов котельной* включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Кот следующих проводников:

- проводника РЕ питающего кабеля;
- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления котельной;
- заземляющего проводника трубы газоснабжения;
- заземляющих проводников труб отопления;
- заземляющего проводника трубы водоснабжения;
- защитного проводника электрического котла (в составе кабеля);
- защитного проводника газового котла (в составе кабеля).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения авторемонтного цеха. В ходе работы произведен расчет электрических нагрузок, выбраны электроустановочные изделия (светильники, розетки). Произведен выбор проводов и кабелей для внешнего и внутреннего электроснабжения авторемонтного цеха, выбраны аппараты защиты для сетей внешнего и внутреннего электроснабжения. Произведен расчет токов короткого замыкания в линиях электроснабжения, на основании которого выполнена проверка правильности выбора защитной аппаратуры. Произведен выбор средства учета электроэнергии, а также выбор автономных источников теплоснабжения (как рабочего, так и резервного). Определена категория надежности электроснабжения авторемонтного цеха.

В выпускной квалификационной работе также отражены вопросы, касающиеся электробезопасности человека. В вопросах электробезопасности обоснован выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения с применением устройств защитного отключения (УЗО). Произведен расчет и выбор заземляющих устройств авторемонтного цеха и котельной, а также расчет и выбор молниезащиты авторемонтного цеха. В вопросах пожарной безопасности обоснован выбор марок кабелей, применяемых для системы внутреннего электроснабжения авторемонтного цеха. В разделе безопасности жизнедеятельности отражены вопросы, касающиеся правильности монтажа и эксплуатации выбранных автономных источников теплоснабжения (газового и электрического котлов).

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Спроектированная система энергоснабжения авторемонтного цеха удовлетворяет всем требованиям действующей нормативно-технической документации с учетом требований правил безопасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АО «Электротехнические заводы «Энергомера»// каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.energoмера.ru>
2. ГОСТ 28249-93 (2003). Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Введ. 01.01.95, переиздан 08.2003. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М: Изд-во стандартов, 1993
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.06.2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014
4. ГОСТ 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила. – Введ. 01.09.2011. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2012
5. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2004 (переиздан 01.2010).–Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2010
6. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и

правила составления. – Введ. 30.06.2002. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; ИПК изд-во стандартов, 2001

7. ГОСТ Р 50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. – Введ. 01.01.2012. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва.: Изд-во Стандартиформ, 2011

8. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – Введ. 01.01.2011. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2011

9. ГОСТ Р 51326.1-99. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.06.2000. – Москва: Госстандарт РФ; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2010 – 86 с.

10. ГОСТ Р 51327.1-2010. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.10.2010. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2011 – 100 с.

11. ГОСТ Р МЭК 60755-2012. Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током. – Введ. 01.01.2013. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2013

12. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – Введ.

01.07.2014. Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014

13. Группа компаний IEK//каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.iek.ru/products/catalog>

14. Интернет-магазин печей и отопительного оборудования //каталог 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.pechi96.ru>

15. Компания «Инженерный центр «Хитинг-Системс». Отопительное оборудование//каталог 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.heating-systems.ru>

16. Котел отопительный Eco Four 1.14F. Руководство по эксплуатации. Паспорт. – Компания «BAXI» (Бакси). – 40с., ил.

17. Постановление правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями № 113 от 17.02.2014, № 581 от 23.06.2014, № 201 от 6.03.2015, № 1213 от 10.11.2015). – Вступило в силу 01.09.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

18. Постановление правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (с изменениями № 941 от 4.09.2015). – Утвержд. 04.05.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

19. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

20. РД 106/4-04.14. Индивидуальный автосервис. Раздел ЭОМ. Электроосвещение. Силовое электрооборудование. – ИП Черепанов И.В. / ГИП П.П. Киселёв. – Екатеринбург, 2015 (неопубликованная литература)

21. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – М: РАО «ЕЭС России»; Москва: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.
22. СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – Москва: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003
23. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва: Госстрой России, 2004
24. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – Москва: Минрегион РФ, приказ № 783 от 27.12.2010. – 74 с.
25. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок авторемонтного цеха». Компания «Schneider Electric». – октябрь, 2007. – 240с., ил.
26. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.
27. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электро- снабжению. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ, 2011 – 136с.
28. Электроводонагреватели ЭВП-3, ЭВП-4,5, ЭВП-6, ЭВП-9, ЭВП-15 с электронным управлением. Паспорт. Руководство по эксплуатации. – Компания «ЭЛВИН». – 32с., ил.
29. Энергетика. Оборудование. Документация.//Оборудование // ВЛ и провода [электронный ресурс]. – URL: [http:// www.forca.ru](http://www.forca.ru)



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схемы электрические

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.1

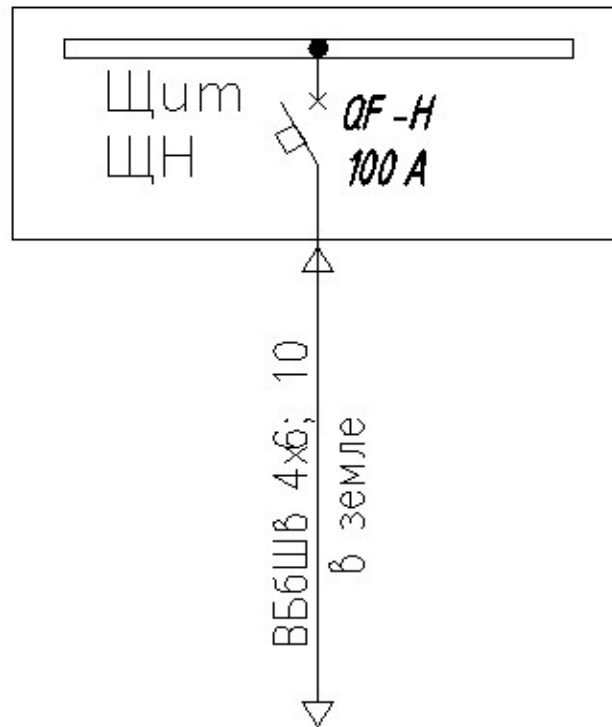
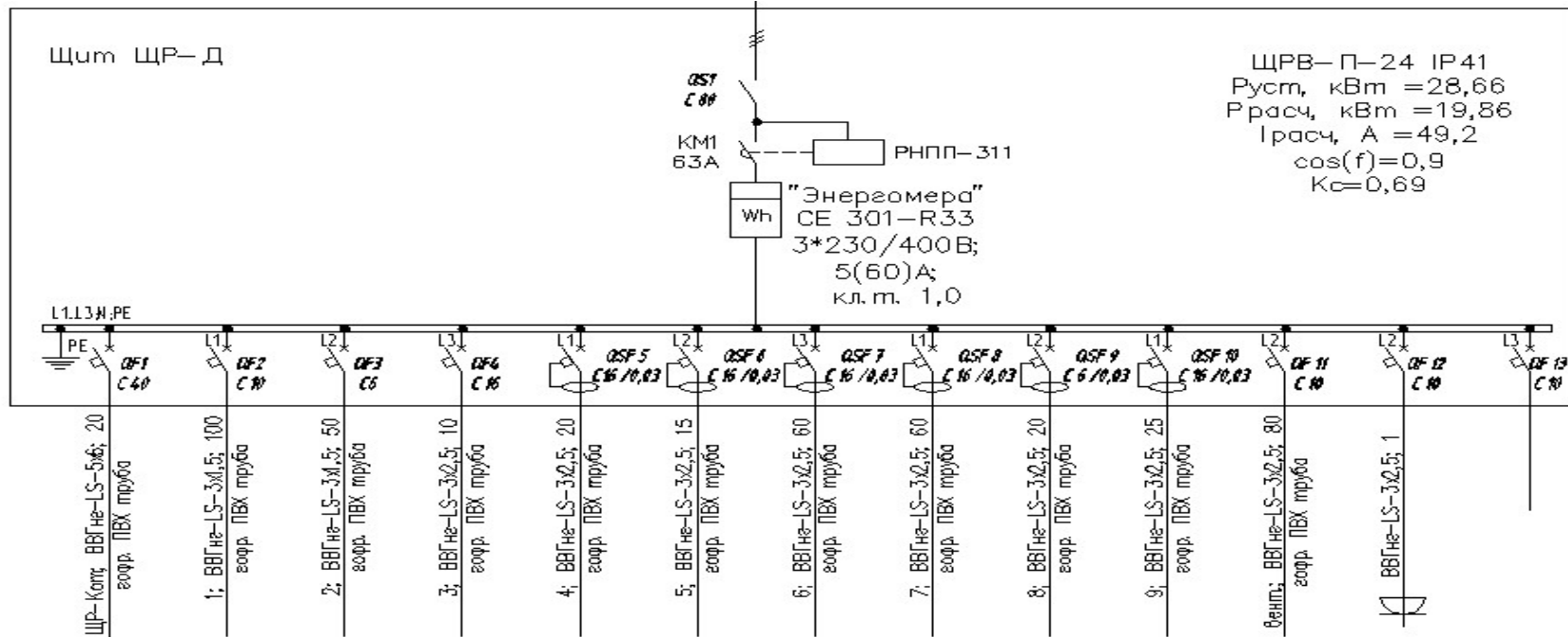


Рисунок А.1 – Схема электрическая щита подключения авторемонтного цеха ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.2



Обозначение	ЩР-Котл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Вент.	Розетка	Резерв
P <sub>у</sub> , кВт	11,18	2,38	1,20	2,2	2,0	2,2	2,0	1,9	1,0	1,6	1,0		
P <sub>р</sub> , кВт	8,94	2,38	1,20	1,1	1,0	1,1	1,2	1,14	0,5	0,8	0,5		
I <sub>р</sub> , А	18,76	3,62	1,83	3,52	3,58	4,18	3,58	3,40	1,79	3,04	1,9		
cos (f)	0,91	1,0	1,0	0,95	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8		
Наименование	Щит котельной	Освещение 1 этажа	Освещение 2 этажа	Духовой шкаф	Розетки кухни	Посудомоечная машина	Розеточная сеть 1 этажа	Розеточная сеть 2 этажа	Розеточная сеть вход/выход	Розеточная сеть банная 2 этаж	Система вентиляции		

Рисунок А.2 – Схема электрическая щита дома ЩР-Д

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.3

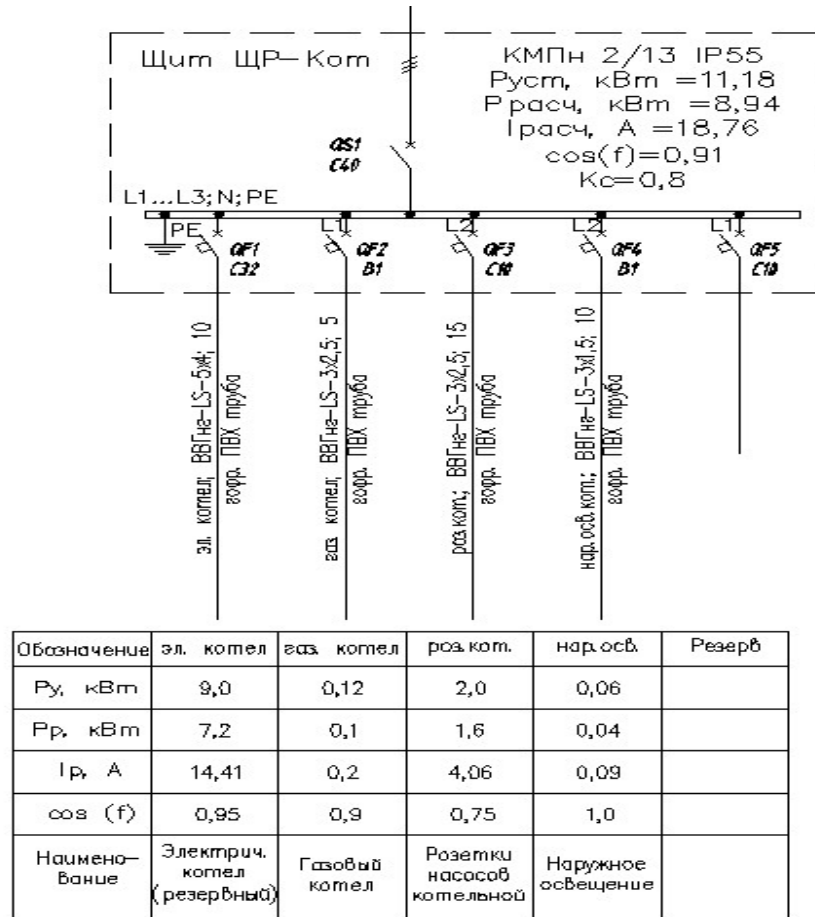


Рисунок А.3 – Схема электрическая щита котельной ЩР-Кот

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

План прокладки сети освещения

### ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1

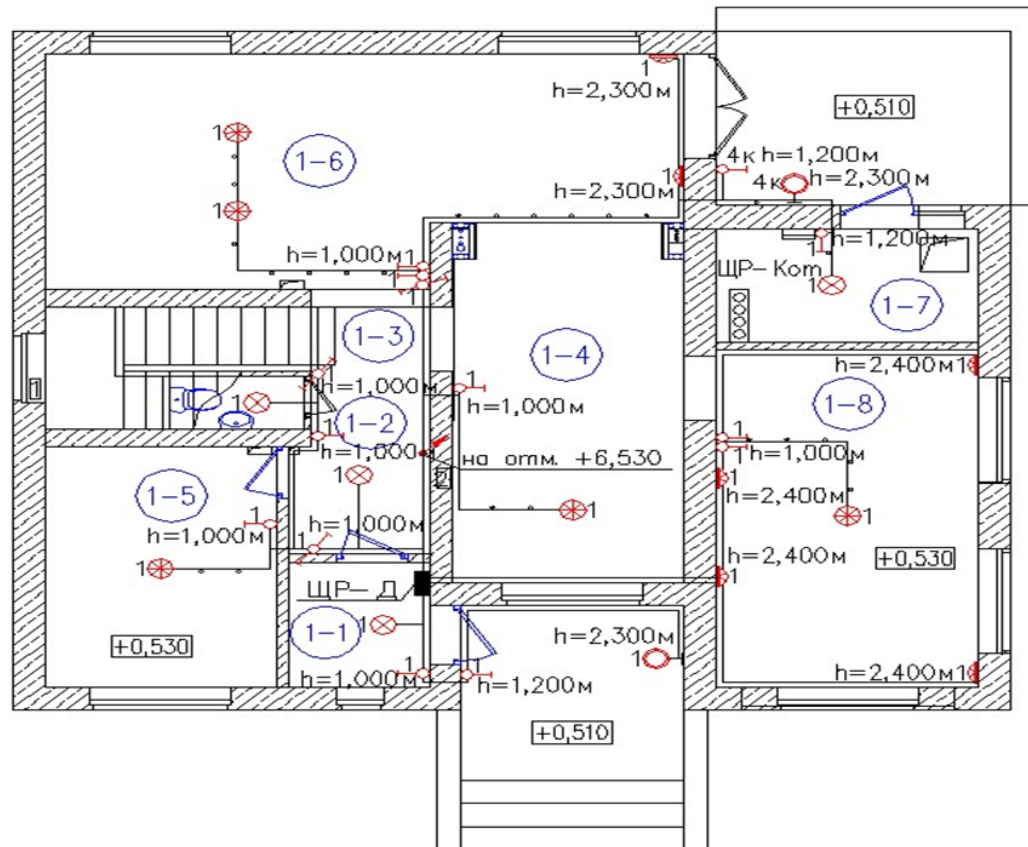


Рисунок Б.1 – План прокладки групповой сети освещения рабочего помещения

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### План прокладки розеточной сети

#### ПРИЛОЖЕНИЕ В.1

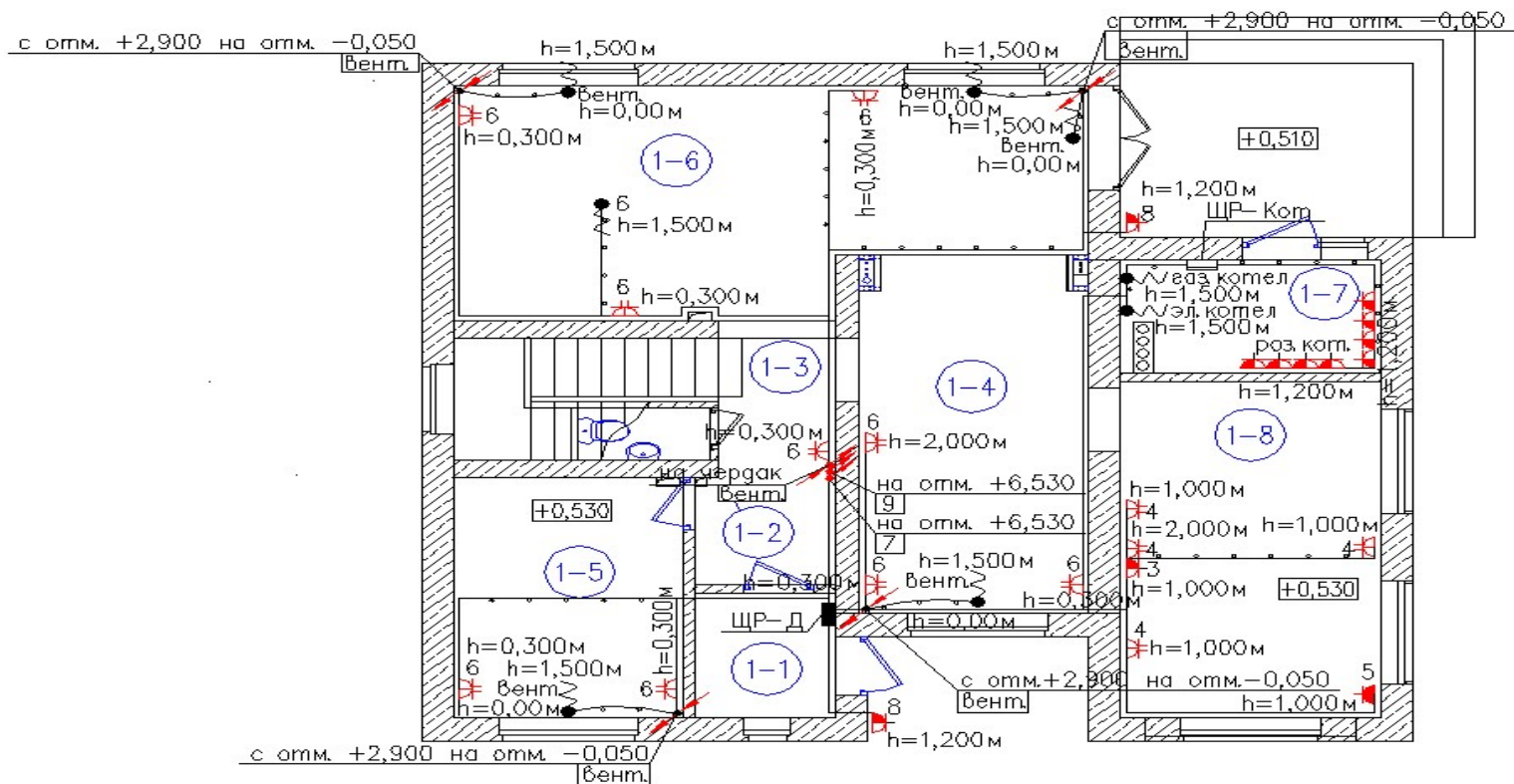
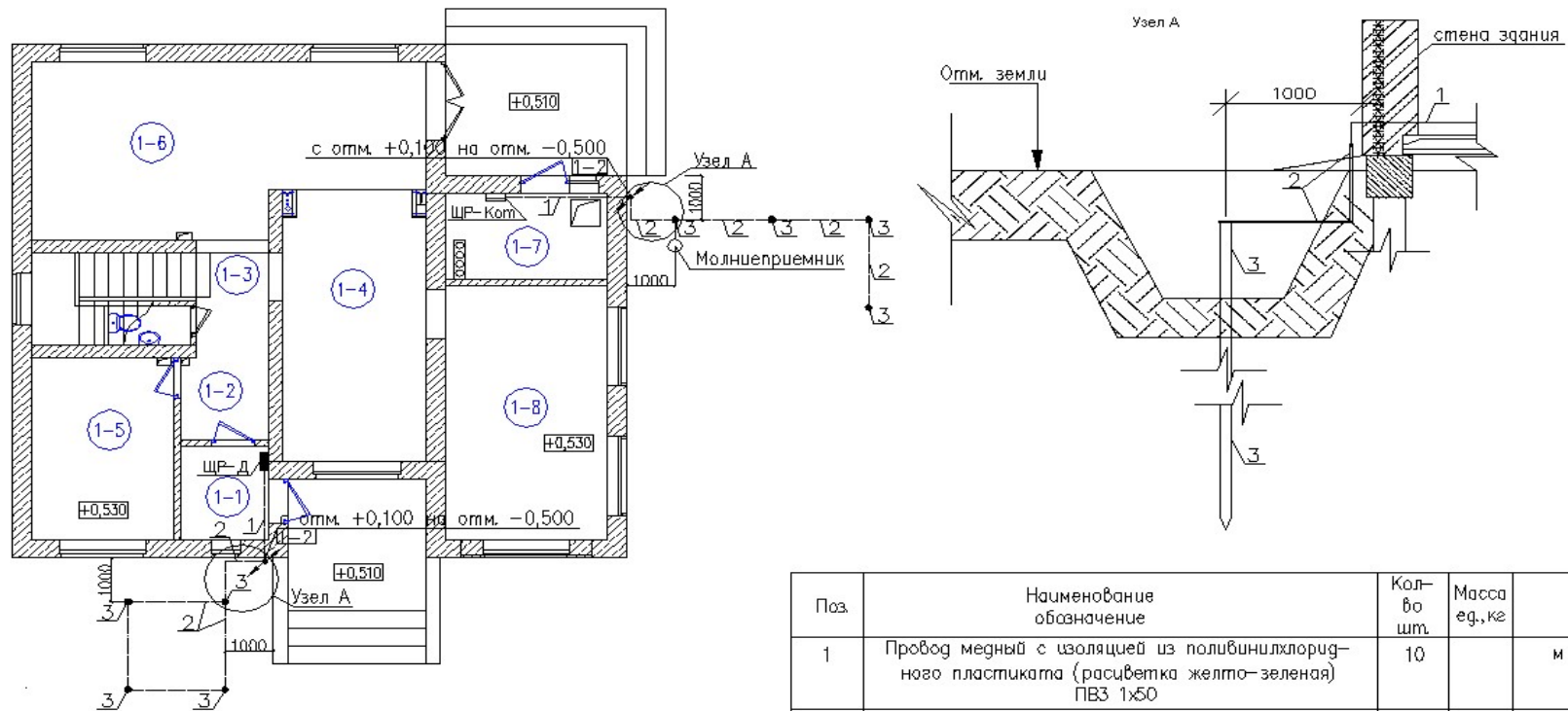


Рисунок В.1 – План прокладки групповой розеточной сети и сети вентиляции

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Молниезащита и система заземления



Поз.	Наименование обозначение	Кол- во шт.	Масса ед., кг	
1	Провод медный с изоляцией из поливинилхлоридного пластика (расцветка желто-зеленая) ПВЗ 1x50	10		м
2	Полоса стальная Б-40x5мм	17		м
3	Уголок стальной 50x50x5мм	8		L=2,0 м