

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов  
и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующего кафедрой

\_\_\_\_\_ А.А. Остапенко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в горо-  
де Свободный.

Исполнитель

студент группы 241об \_\_\_\_\_

А.Р. Чирков

Руководитель

доцент, канд.техн.наук \_\_\_\_\_

М.Д. Штыкин

Нормоконтроль \_\_\_\_\_

Н.С. Бодруг

Благовещенск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Энергетический факультет  
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
И.о. заведующего кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.А. Остапенко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

### ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Александра Романовича Чиркова

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания.

(утверждена приказом от 7.12.2015 №2530 - УЧ)

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы:

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: материалы преддипломной практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

- 1) Описание технологического процесса электростанции;
- 2) Разработка функциональной и структурной ;
- 3) Выбор технических средств (электростанций, насосов, кабелей)
- 4) Разработка принципиальной схемы соединений;
- 5) Разработка программы управления электростанцией (ПЛК);
- 6) Разработка панели оператора;
- 7) Безопасность и экологичность проекта.

5. Перечень материалов приложения:

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе:

7 Дата выдачи задания: \_\_\_\_\_

Руководитель дипломного проекта: Штыкин Михаил Дмитриевич, доцент, кандидат технических наук.

Задание принял к исполнению: \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работасодержит69 с., 27 рисунков, 4 таблицы, 3 части, 20 источников.

ЭЛЕКТРОКОТЁЛ, ТЕПЛОСЕТЬ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ, ТРУБОПРОВОД, АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, НАРУЖНЫЙ ВОЗДУХ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК, МОДУЛИ ВВОДА, ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ, ЗНАЧЕНИЕ УСТАВКИ, ЧАСТОТНЫЙ ИНВЕРТОР, ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ.

Разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации. Произведён выбор оборудования, составлены принципиальные схемы электрических соединений. Выбраны щиты и произведена компоновка шкафов управления. Составлена программа для ПЛК, разработан человеко-машинный интерфейс панели оператора.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Описание автономных систем отопления	9
1.1 Однотрубные системы отопления	9
1.2 Двухтрубные системы отопления	10
1.3 Коллекторная система отопления	11
1.4 Комбинированные система отопления	15
1.5 Схемы отопительных систем с двумя и более котлами	16
2 Описание технологических процессов электрокотельных. Выбор технических средств и разработка принципиальных схем соединений	23
2.1 Описание технологического процесса ЭК ТС	23
2.2 Описание технологического процесса ЭК ГВС	24
2.3 Выбор типа отопительного котла	26
2.3.1 Характеристики ТЭНового котла марки ZOTA серии "Lux"	31
2.3.2 Выбор кабеля, питающего электрокотел ЭК ТС	31
2.3.3 Выбор кабеля, питающего электрокотел ЭК ГВС	33
2.4 Выбор регулятора системы управления	34
2.5 Выбор насосов	39
2.6 Схемы питания	40
2.7 Схемы управления	42
2.8 Схема узла учета тепловой энергии	43
2.9 Схемы размещения оборудования в шкафах автоматики	44
3 Безопасность и экологичность	47
3.1 Характеристика и анализ производственных опасных и вредных факторов	47
3.2 Безопасность производственных процессов	48
3.2.1 Заземление электрокотельной	53
3.2.2 Освещённость электрокотельной	57
3.3 Экологичность	63
3.4 Чрезвычайные ситуации	63
Заключение	67
Библиографический список	68

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ – автоматизированная система управления

КИП – контрольно измерительный прибор

КПД – коэффициент полезного действия

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПН – подпиточный насос

СН – сетевой насос

ТП – технологический процесс

ТС – теплосеть

ТЭН – трубчатый электронагреватель

ХВ – холодная вода

ЧДД – чистый дисконтированный доход

ШУ – шкаф управления

ШЭК – шкаф электродкотла

ЭК – электродкотёл

ЭМС – электромагнитная совместимость

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническая революция на современном этапе своего развития в высокой степени связана с автоматизацией.

Автоматизация содействует повышению производительности труда и главным образом меняет роль человека в процессе производства. При автоматизации увеличивается культурно-технический уровень работников и создаются условия для устранения различий между умственным и физическим трудом.

Высокое развитие в настоящее время получила автоматизация в современных системах теплоснабжения.

В данной работе рассмотрен пример реализации электродвигательной теплоснабжения (ЭД ТС) и электродвигательной горячей водоснабжения (ЭД ГВС) жилого коттеджа для семьи из 4 человек, площадью 130 м<sup>2</sup>.

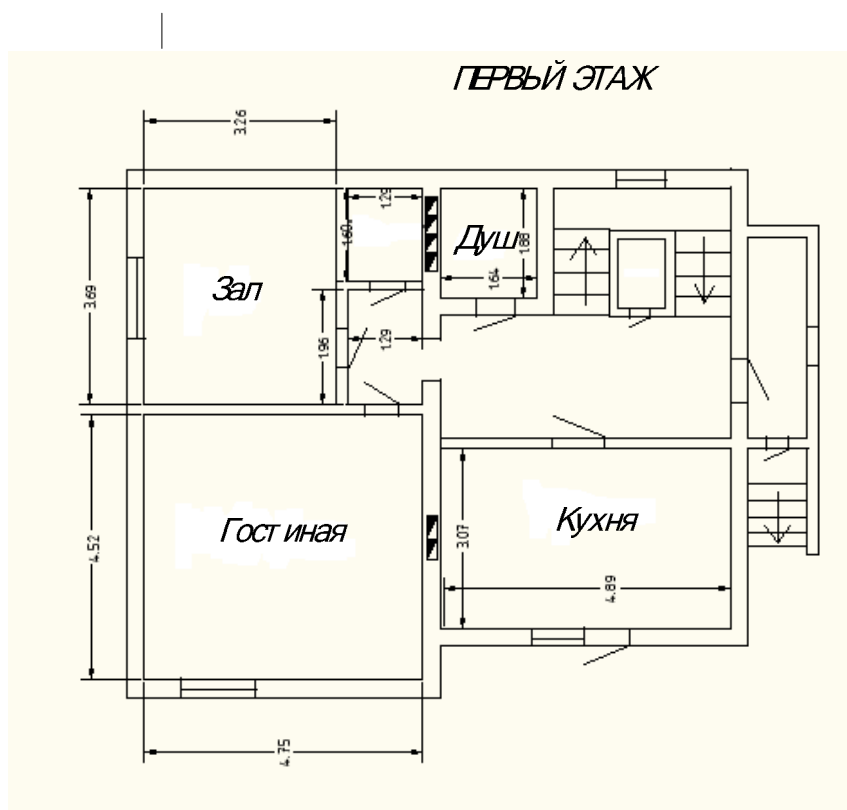


Рисунок 1 – Первый этаж коттеджа

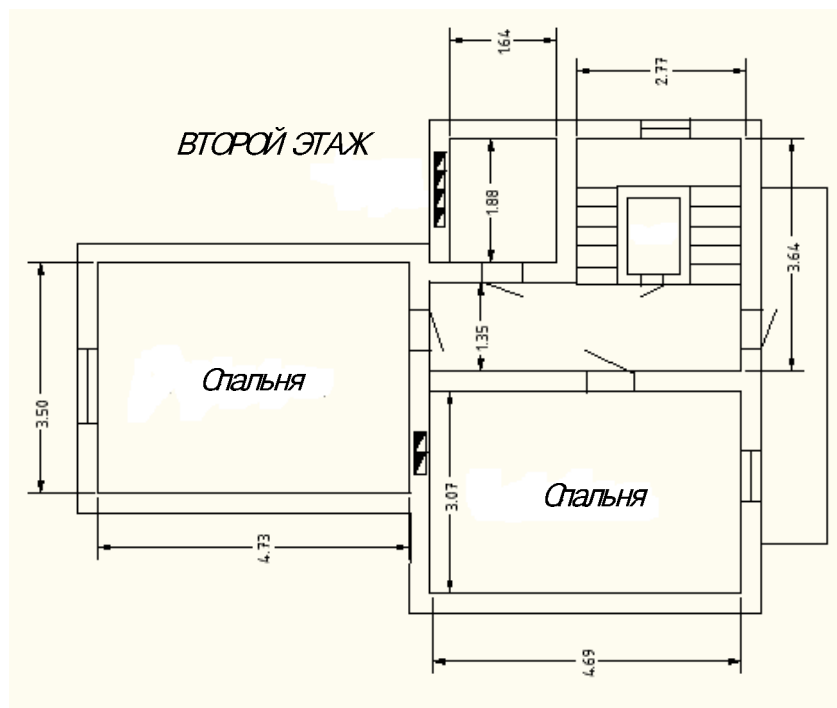


Рисунок 2 – Второй этаж коттеджа

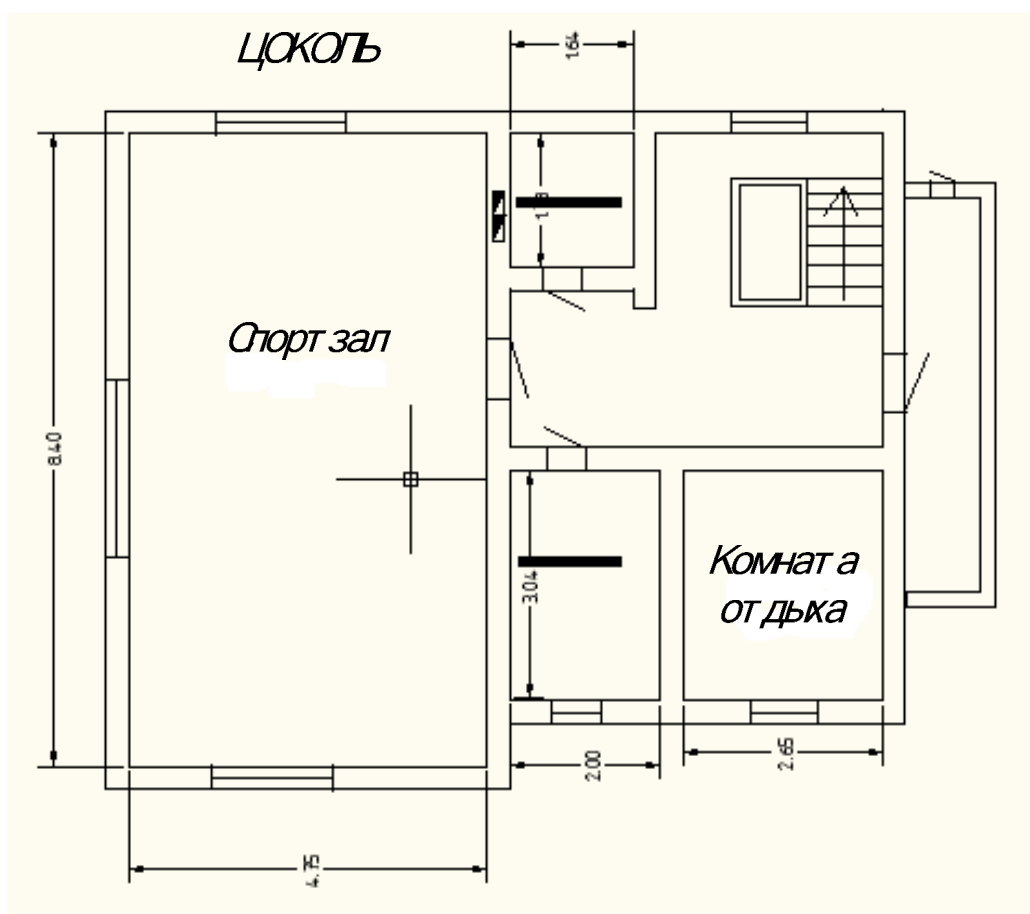


Рисунок 3 – Цоколь коттеджа

Котельные ЭК ТС и ЭК ГВС будут размещены на цокольном этаже коттеджа.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка современной и надежной структурной схемы автоматизации электрокотельной жилого здания в городе Свободный, Амурская область.

Для достижения поставленной цели необходимо было реализовать следующие задачи:

1) Произвести выбор энергоэффективного оборудования на электрокотельной. По данной задаче планируется, что коммутационный аппарат электрокотла будет заменен на тиристорный регулятор, насосы будут управляться с помощью частотных преобразователей.

2) Оптимизировать схему автоматизации, увеличить КПД электрокотельной;

3) Разработать принципиальную схему соединений;

4) Определить параметры управления электрокотельной;

5) Предусмотреть меры техники безопасности на электрокотельной.



## 1 ОПИСАНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Все современные системы отопления, применяемые в частном домостроении, относятся к системам замкнутого типа. Это означает, что они не имеют открытого расширительного бака, более экономичны и точны, не инертны и, как следствие, удобны в эксплуатации. Помимо расширительного бака, основными компонентами системы отопления являются котлы (в некоторых случаях их несколько), трубопровод, радиаторы, циркуляционный насос. Благодаря тому, что современные котлы быстро нагревают теплоноситель, а циркуляционные насосы также быстро доставляют нужное количество тепла в конкретные помещения, минуя те, что в данный момент обогревать на полную мощность нет необходимости.

### 1.1 Однотрубные системы отопления

Рассмотрим устаревшие однотрубные системы отопления с естественным притоком.

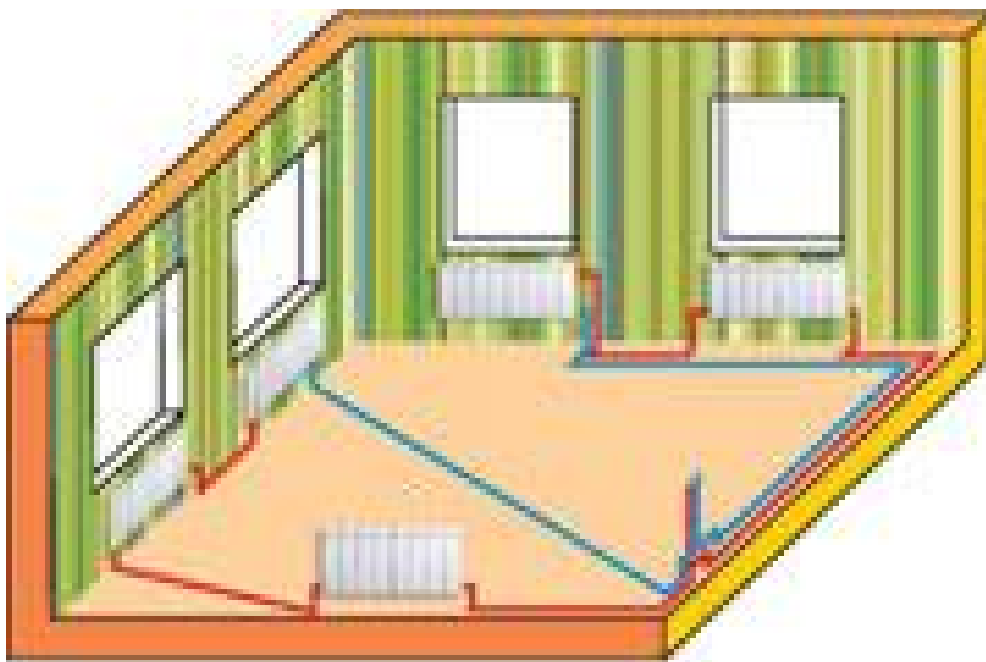


Рисунок 4 – Пример схемы однотрубной системы отопления

Это некомфортные и неэкономичные с точки зрения потребления энергии системы. В последнее время в такие системы отопления начали устанавливать циркуляционные насосы, которые увеличивают скорость потока теплоносителя

по трубопроводам и более равномерно распределяют теплоноситель по дому, но в общем это не решает задач по экономии потребления энергоносителей, так как сама схема отопления морально устарела и не имеет возможности модернизации.

### 1.2 Двухтрубные системы отопления

В данной двухтрубной системе отопления, отопительные приборы соединены между собой параллельно, т.е. к каждому отопительному прибору подходят две магистрали, подающая и обратная.

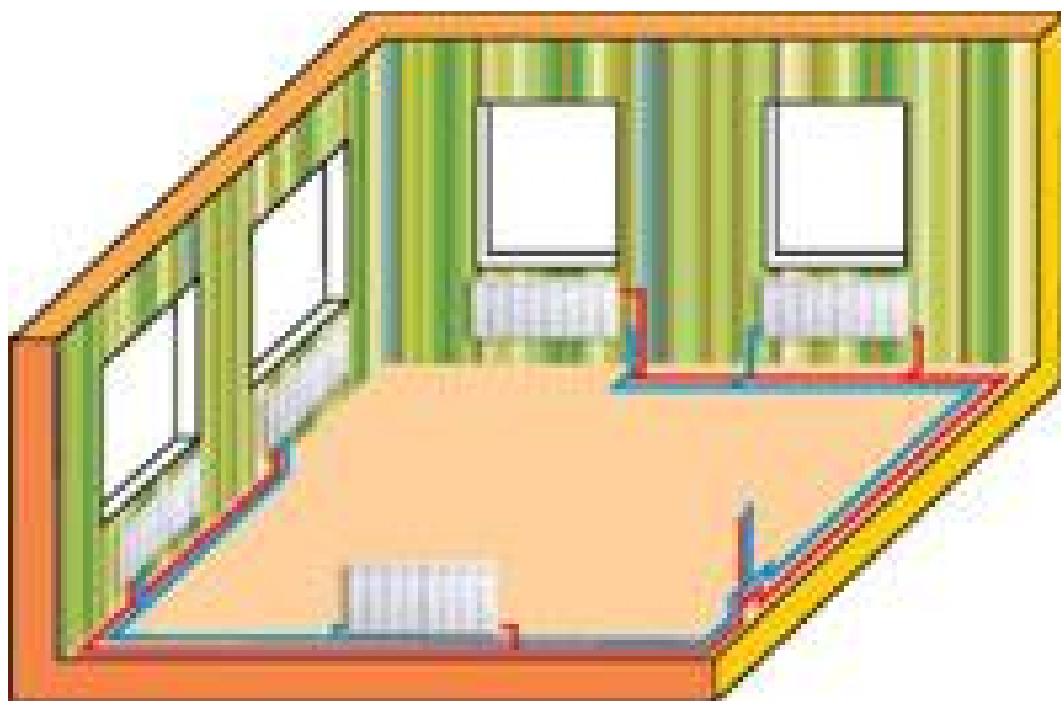


Рисунок 5 – Пример схемы двухтрубной системы отопления

Основными достоинствами данной системы является возможность равномерного распределения теплоносителя, возможность оперативной регулировки каждого отопительного прибора индивидуально, т.к. запорно-регулирующая арматура не оказывает никакого влияния на остальные отопительные приборы, низкое гидравлическое сопротивление системы и, как следствие, возможность использования труб меньшего диаметра. Недостатки системы это в два раза, по сравнению с однотрубной системой отопления, увеличена протяженность трассы трубопроводов, что увеличивает стоимость системы.

### 1.3 Коллекторная система отопления

В настоящее время при выборе схемы отопления загородного дома выбор отдается коллекторной поэтажной разводке, а также ее комбинациям с однотрубной и двухтрубной системами. Трубы прячут в конструкции пола, а коллекторы устанавливают в середине дома в нише стены или умещают в шкафчик (Рисунок 6). От коллекторов к каждому из радиаторов подводят трубы. Практически неизменным является основание принудительной циркуляции в системе, что получается установкой одного или нескольких циркуляционных насосов. Это позволяет понизить разность температур теплоносителя на входе и выходе сети системы и тем самым повысить эффективность и регулируемость нагрева, а также не допустить излишнего расхода материалов, упростить систему, сделать ее компактной. Каждый выход коллектора может быть обеспечен своей запорной арматурой — шаровыми кранами, что разрешает в некоторых схемах выключить от циркуляции любой радиатор системы, при этом не влияя на работу прочих приборов отопления. Более того, любой контур отопления, находящийся далее коллекторов, это автономная система, которая может быть снабжена собственными насосами циркуляции, кранами и автоматикой.

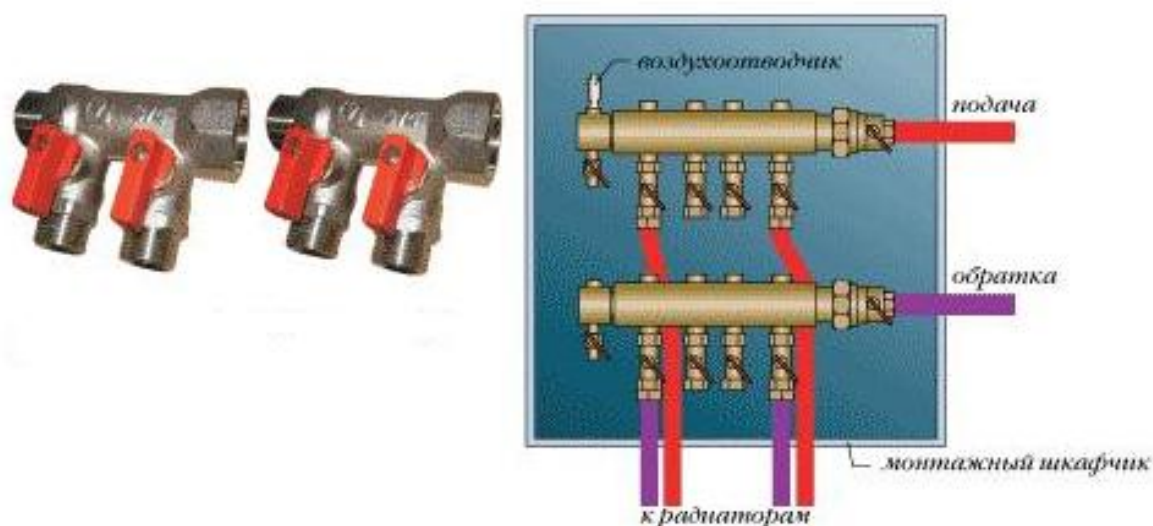


Рисунок 6 – Примеры коллекторов

Коллекторные схемы отопления чаще выполняются для двух- и однотрубных горизонтальных разводов и на нынешний день фактически убили тройниковые горизонтальные разводы.

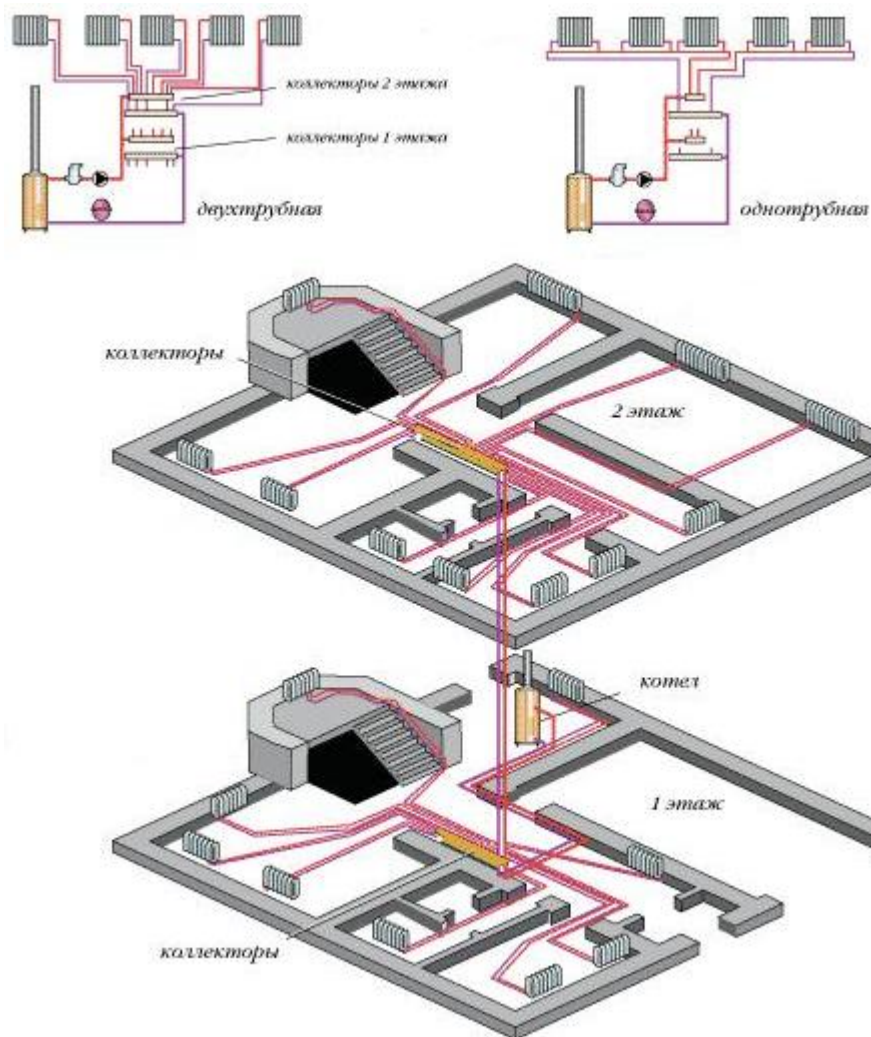


Рисунок 7 - Двухтрубная лучевая горизонтальная разводка системы отопления

На основном стояке каждого этажа размещаются коллекторы, подающий и обратный. От коллекторов подающий и обратный трубопроводы подводятся под полом или в стене к любому радиатору на этаже. Необходимо стремиться к тому, чтобы каждый из контуров был примерно одинаковой длины. Если это не так, то каждый из тепловых контуров может быть снабжен собственным циркуляционным насосом и личной автоматической регулировкой температуры теплоносителя, причем установка температуры на каком-либо тепловом контуре почти никак не отразится на других тепловых кольцах. В связи с тем, что трубы отопления располагаться в стяжке пола, нужно на каждом радиаторе установить воздушные краны (Рисунок 7) или самодействующий воздухоотводчик размещают или коллекторе, или воздухоотводчики устанавливают на радиато-

рах, и на коллекторе. Недостаток такой системы в том, что трубопроводы обладают большей длиной. При правильном расчете системы отопления можно отказаться от радиаторов, при этом замкнутые тепловые контура скрываются в конструкции пола (Рисунок 8). Такая система отопления называется «теплый пол». Чаще всего она осуществляется как дополнительная, но при верном расчете может целиком заменить радиаторную систему отопления.

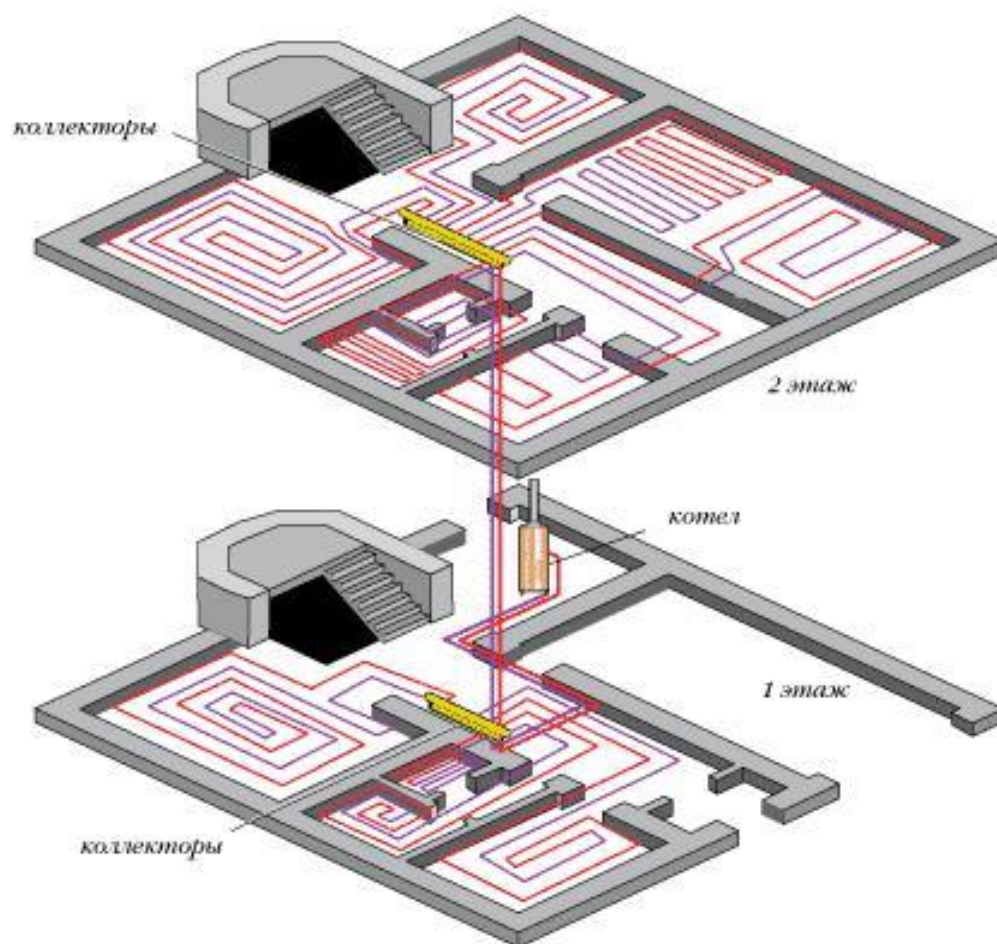


Рисунок 8 – Коллекторная система отопления «теплый пол»

Напольное отопление снабжает комфортные условия — тепловые потоки разделены по всей площади полов, а температура плавно понижается по высоте помещения. При радиаторном отоплении температура воздуха, повышается по высоте здания, что вызывает большую конвекцию воздуха, которая достает от поверхности пола пыль и поднимает ее вверх. При напольном отоплении натуральное перемещение воздуха мало, в связи с чем пыли в доме будет меньше.

Разновидностью двухтрубной системы отопления является лучевая (коллекторная) система отопления. С точки зрения энергоэффективности это наиболее оптимальный вариант отопления, когда на каждое помещение идет своя ветка – подающая и обратная трубы. Это позволяет максимально точно поддерживать заданную для помещения температуру с минимальным отрицательным влиянием на соседние помещения дома. В системе устанавливаются два коллектора, на подающей и обратных магистралях, к которым подключаются радиаторы или теплые полы. Коллекторы обычно устанавливаются в специальном шкафу и представляют собой участок трубы с множеством отводов. Назначение коллектора – собирать и распределять теплоноситель по системе отопления, соответственно, коллектор на подающей магистрали забирает нагретый теплоноситель от котла и распределяет между радиаторами, а коллектор на обратной магистрали собирает остывший теплоноситель от радиаторов и подает его в котел. Коллекторы устанавливают в специальный шкаф, тем самым потребитель имеет возможность компактно разместить всю необходимую запорную и регулируемую арматуру (запорные краны, датчики и т.д.). Модернизировать данную систему и внести тем самым существенный вклад в экономию энергии можно путем установки некоторых функций, относящихся к системе «Умный дом». Прежде всего, это датчики внешнего управления и обмена данными. Эта функция позволяет автоматически корректировать температуру теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха. Также можно установить датчики комнатной температуры и определить приоритетность контуров. Как правило, речь идет о приоритете приготовления горячей воды. На время работы бойлера ГВС система отключает теплоснабжение вспомогательных контуров или теплоснабжение всех остальных контуров системы отопления дома. Это позволяет уменьшить мощность котельной установки, равномернее распределить тепловую нагрузку во времени и, таким образом, снизить потребление топлива. К очевидным достоинствам лучевой системы отопления можно отнести: высокий КПД, возможность реализации гибкой системы контроля температуры каждого отопительного прибора, в том числе с помощью электроники. Возможность



скрытой установки полного комплекса запорной и регулирующей аппаратуры (термоголовки, автоматические и ручные воздухоотводчики, запорные краны, датчики температуры, датчики протока и т.д.). Возможность замены отопительных приборов без остановки системы отопления. Недостатком системы является высокая материалоемкость, а значит, и стоимость системы.

#### **1.4 Комбинированные системы отопления**

Комбинированная система отопления является самой дорогой, но и в смысле будущей экономии средств самая эффективная система. В данном случае энергия для отопления и горячего водоснабжения черпается в прямом смысле из природы.

Типичная комбинированная система отопления состоит из:

1. Газового (или электрического) одноконтурного котла, оснащенного трехходовым клапаном, который может работать с внешним накопителем горячей воды и погодным регулятором. Им можно управлять с помощью пульта дистанционного управления;

2. Из одного или нескольких солнечных коллекторов, используемых для подогрева воды, теплоаккумулятора емкостью 250 – 500 л, оснащенного двумя змеевиками, насосного узла и узла безопасности, а также насоса для наполнения системы теплоносителем (гликолем).

Иногда к перечисленному оборудованию добавляется камин с водяной «подушкой». Он выполняет функцию вспомогательного источника тепла для отопительной системы. Водяная «подушка» утилизирует тепло от горения дров в камине, которое в обычных условиях «вылетает в трубу». В ночное время, когда электричество стоит дешевле, то можно отапливать помещение электричеством. В тех регионах где можно достать твердое топливо (уголь, дрова и др. ) по дешевым ценам устанавливают котлы твердотопливные газогенераторные котлы. Эти котлы работают по принципу - заложил топливо на сутки, и оно на протяжении суток поддерживает тепло в системе и тем самым не нуждается в постоянной подпитке топливом.

### **1.5 Схемы отопительных систем с двумя и более котлами**

Установка нескольких котлов вместо одного решает еще несколько задач. Котлы больших мощностей, это тяжелые агрегаты, которые сначала нужно привезти и занести в помещение. Использование нескольких маленьких котлов существенно упрощает эту задачу: маленький котел легко проходит в дверные проемы и значительно легче большого. Если вдруг при эксплуатации системы один из котлов выйдет из строя, то его можно выключить из системы и спокойно заняться ремонтом, при этом система отопления останется в рабочем режиме. Включение в систему отопления нескольких котлов можно производить по параллельной схеме и по схеме первично-вторичных колец. При работе в параллельной схеме (Рисунок 9) с выключенной автоматикой одного из котлов вода обратного контура прогоняется по неработающему котлу, что означает преодоление ею гидравлического сопротивления в контуре котла и расход электроэнергии циркуляционным насосом. Кроме этого, обратный контур (охлажденный теплоноситель), прошедшая через неработающий котел, смешивается с подачей (нагретым теплоносителем) от работающего котла. Этому котлу приходится наращивать нагревание воды для того, чтобы компенсировать подмешивание обратного контура от неработающего котла. Чтобы не допускать смешивание холодной воды от неработающего котла с горячей водой котла работающего, нужно вручную закрывать трубопроводы вентилями или снабжать их автоматикой и сервоприводами.



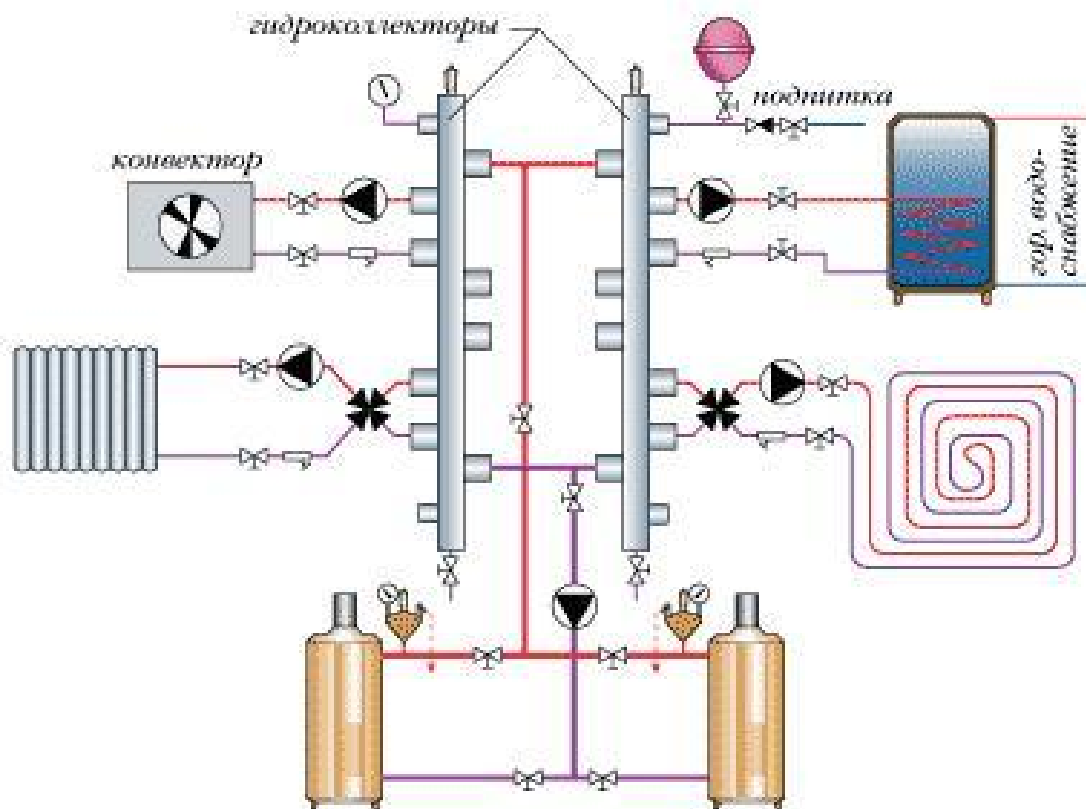


Рисунок 9 - Схема отопления из двух полуколец с наращиванием мощности установкой второго котла

Подключение котлов по схеме первично-вторичных колец (Рисунок 10) не предусматривает таких видов автоматики. При выключении одного из котлов теплоноситель проходящий по первичному кольцу, попросту не замечает отключения котла. Гидросопротивления на участке подключения котла чрезвычайно мало, поэтому теплоносителю незачем заходить в контур котла и он следует по первичному кольцу так, словно в отключенном котле перекрыли задвижки, которых на самом деле нет. В общем, в этой схеме происходит все точно так же, как в схеме подключения вторичных отопительных колец с единственной разницей, что в данном случае на вторичных кольцах «сидят» не потребители тепла, а генераторы. Практика показывает, что включение в систему отопления более чем четырех котлов экономически не целесообразно.

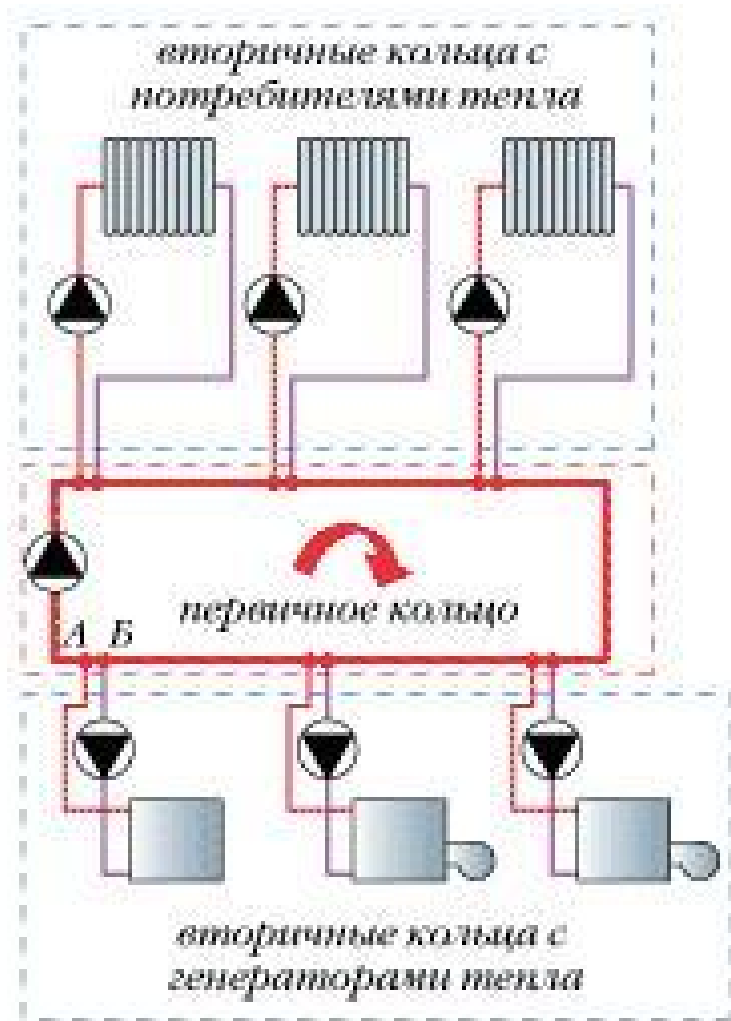


Рисунок 10 - Принципиальная схема подключения котлов к системе отопления на первично-вторичных кольцах

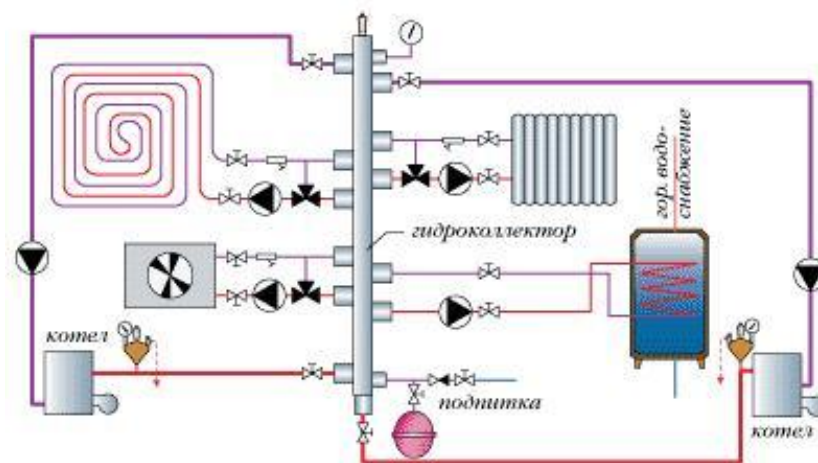


Рисунок 11 - Схема отопления с двумя первичными кольцами с общим участ-  
КОМ

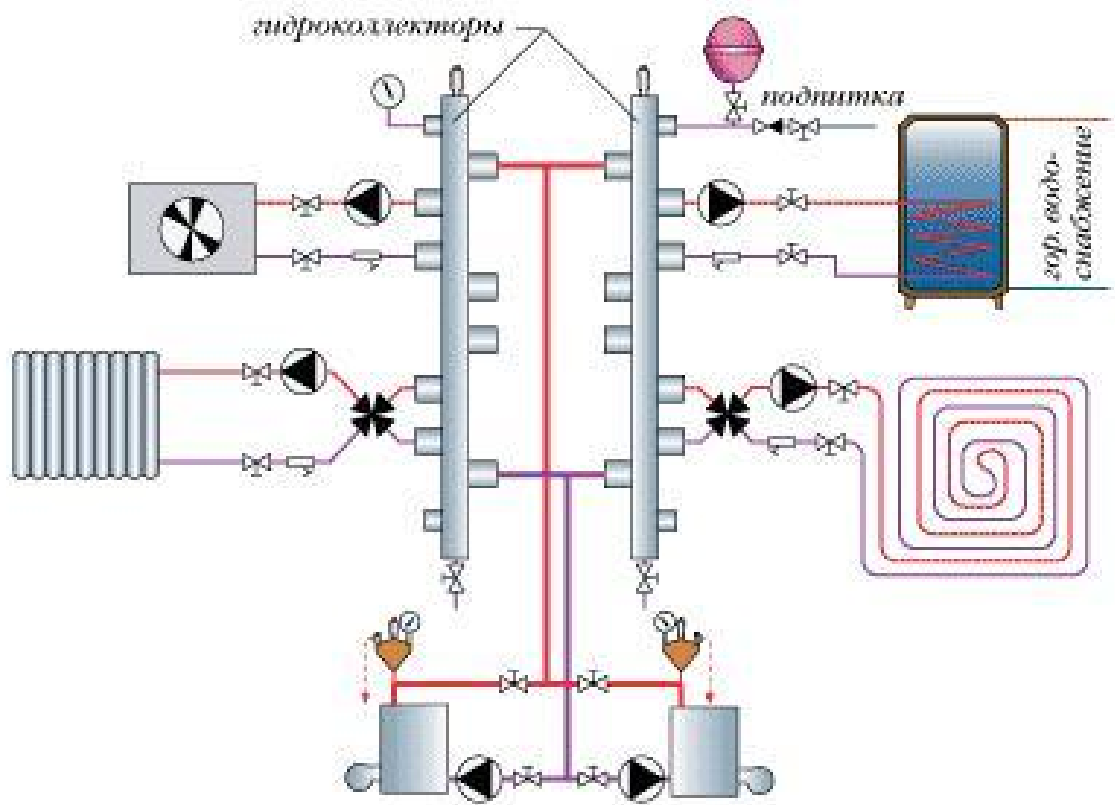


Рисунок 11 - Двухкотловая отопительная схема с двумя первичными полукольцами

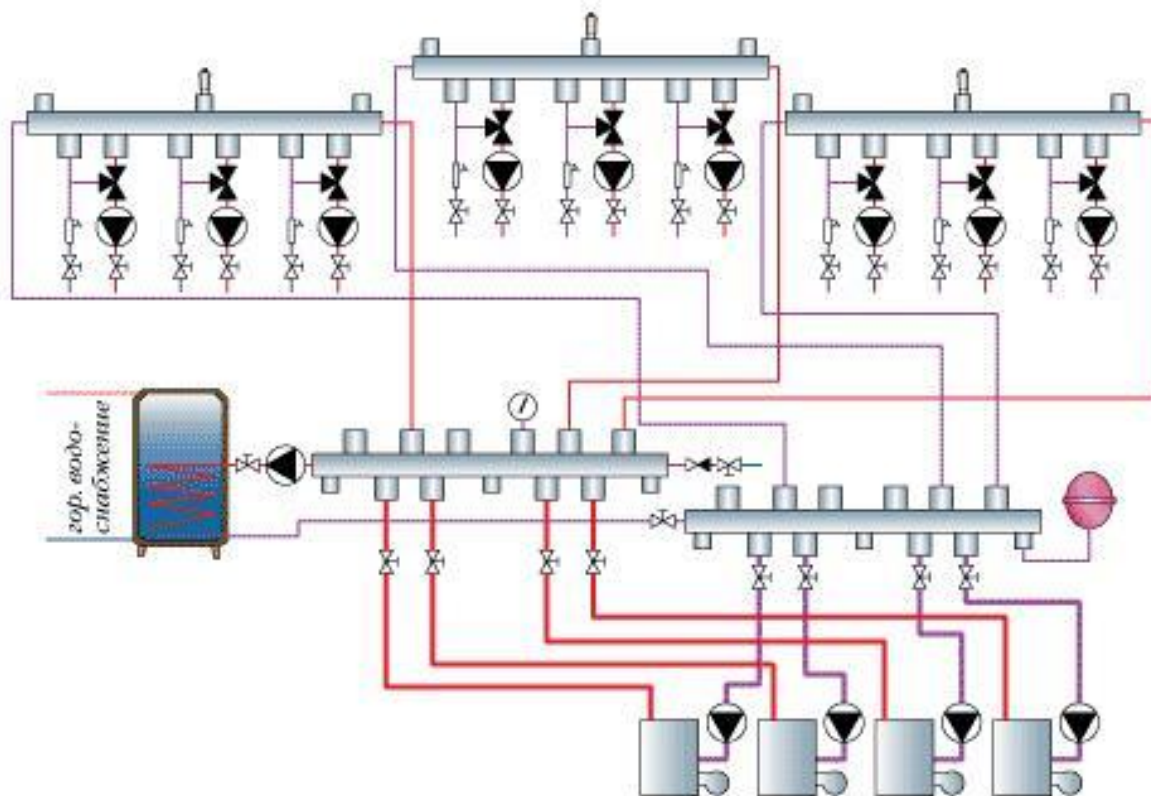


Рисунок 12 - Универсальная комбинированная схема отопления с любым количеством котлов и любым числом потребителей

На рисунке 12 представлена универсальная схема для любого количества котлов (но не более четырех) и практически неограниченного числа потребителей. В ней каждый из котлов подключается к распределительной группе, состоящей из двух обычных коллекторов или коллекторов сдвоенного типа, установленных параллельно и замкнутых на бойлер горячего водоснабжения. На коллекторах каждое кольцо от котла до бойлера имеет общий участок. К распределительной группе подсоединяются маленькие гидроколлекторы с миниатюрными смесительными узлами и циркуляционными насосами. Вся схема отопления от котлов до гидроколлекторов это обычная классическая схема отопления, образующая несколько (по числу гидроколлекторов) первичных колец. К первичным кольцам подключаются вторичные кольца с потребителями тепла. Каждое из колец, находящееся на более высокой ступени, использует нижнее кольцо как собственный котел и расширительный бак, то есть забирает из него тепло и сбрасывает отработанную воду. Эта схема монтажа становится распро-

страненным способом устройства «продвинутых» котельных и в небольших домах, и на крупных объектах с большим числом отопительных контуров, позволяющим производить тонкую качественную настройку каждого контура. Например, в отопительной схеме один котел, а сама схема направлена на приоритетное приготовление горячей воды. Значит, горячая вода, выйдя из котла, напрямик направляется в бойлер, отдав часть тепла на приготовление горячей воды, она возвращается в котел. Добавим в схему еще один котел, значит, на магистрали подачи и обратного контура нужно установить по одному тройнику и подключить к ним второй котел. При увеличении числа котлов необходимо установить по три дополнительных тройника на подачу и обратный контур первого котла и подключить к этим тройникам три дополнительных котла либо не устанавливая в схему тройники, а заменить их коллекторами с четырьмя отводами. Таким образом, все четыре котла подключены подачей к одному коллектору, а обратным контуром — к другому. Сами коллекторы подключаем к бойлеру приготовления горячей воды. Получилось кольцо отопления с общим участком на коллекторах и трубах подключения бойлера. Теперь можно отключать или включать часть котлов, а система будет продолжать функционировать, в ней будет меняться только расход теплоносителя. Однако в домашней системе отопления нужно предусмотреть не только нагревание хозяйственной воды, но еще и радиаторные системы отопления и «теплые полы». Поэтому для каждого нового контура отопления на подачу и обратный контур нужно установить по тройнику и тройников этих нужно столько, сколько задумано отопительных контуров. Для дальнейшего расширения системы, если потребуется, можно установить коллекторы с большим количеством отводов и временно заглушить их шаровыми кранами или пробками. Получилась классическая коллекторная система отопления, в которой подача заканчивается своим коллектором, обратный контур — своим, а от каждого коллектора пошла труба на отдельные системы отопления. Сами коллекторы замыкаем бойлером, который в зависимости от скорости включения циркуляционного насоса может

иметь жесткий или мягкий приоритет либо не иметь такового, так как он получается включенным в цепь параллельно с другими отопительными контурами.

## 2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОКОТЕЛЬНЫХ. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ

В рассматриваемых электродотельных ЭК ТС и ЭК ГВС технологическим процессом является подогрев воды, исходным полуфабрикатом является в этом процессе – вода, из центрального водозабора, а готовая продукция – горячая вода для системы отопления с  $t=95$  и с  $ct=60$  для горячего водоснабжения. Объем воды образует в агрегате активное сопротивление при прохождении электрического тока, и вода греется до заданных параметров.

Любой технологический процесс охарактеризуется определенными техническими параметрами. Подобными параметрами являются: давление, температура, расход физических и энергетических потоков, величина воды в электродотле и другие, эти параметры могут изменяться. Совокупность данных параметров, характеризующих этот технологический процесс, называется технологическим режимом.

Любой технологический процесс в совместном цикле производства имеет своё целевое назначение, в соответствии с которым к нему добавляются назначенные требования – обеспечение данной или наибольшей производительности, заданного или наилучшего качества продукции, заданных или наименьших затрат сырья и энергии на единицу готовой продукции. Так, целью процесса приобретения горячей воды в электродотельной является использование этой воды в системе отопления. Следовательно, к процессу добавляются требования обеспечения заданного расхода, давления и температуры воды при наименьшей потере энергии.

### 2.1 Описание технологического процесса ЭК ТС

Основные задачи ЭК ТС:

- Работа теплосети по температурному графику  $95 \div 70^{\circ}\text{C}$  с привязкой к температуре окружающего воздуха;
- поддержание заданного расхода теплоносителя в контуре ТС;
- поддержание заданного значения давления в контуре ТС;

- контроль аварийных режимов работы технологического оборудования и работа схем АВР;
- контроль аварийных режимов работы электротехнического оборудования и работа схем АВР;
- защита технологического и электротехнического оборудования;
- контроль аварийных режимов схем электроснабжения.

Описание работы тепловой схемы ЭК ТС:

Нагрев теплоносителя контура ТС производится электрическим котлом №1;

Циркуляцию теплоносителя контура обеспечивают сетевой насос СН1;

Подпитка теплосети осуществляется от трубопровода ХВ.

Тепловая схема электростанции ТС с точками установки КИП приведена на рисунке 4.

## **2.2 Описание технологического процесса ЭК ГВС**

ЭК ГВС коттеджа предназначена для:

- управления силовым технологическим оборудованием в соответствии с заданными алгоритмами в автоматическом или ручном режиме;

- защиты силового технологического оборудования.

В основу работы ЭК ГВС заложены следующие основные принципы:

- бесперебойное снабжение потребителей горячей водой;
- длительная безотказная работа технологического оборудования;
- применение энергосберегающих технологий в управлении силовым оборудованием с целью максимального снижения затрат на производство ГВС;

Основные задачи ЭК ГВС:

- поддержание заданной температуры теплоносителя в контуре №1;
- поддержание заданной температуры теплоносителя в контуре №2 с учетом запаса тепловой энергии в баках теплоаккумуляторах для пиковых нагрузок ГВС;



- защита технологического и электротехнического оборудования;
- контроль аварийных режимов схем электроснабжения.

Описание работы тепловой схемы ЭК ГВС:

Нагрев теплоносителя контура №1 производится электрическим котлом №2;

Циркуляцию теплоносителя контура обеспечивает сетевой насос СН2;

Подпитка контура осуществляется от трубопровода ХВ;

Нагрев теплоносителя контура №2 производится через водоводяной подогреватель;

Циркуляцию теплоносителя контура обеспечивает сетевой насос СН3;

Аккумуляторами тепла контура являются бак ГВС1- 200 л.;

Подпитка контура осуществляется от трубопровода ХВ;

Тепловая схема электрочувствительной ГВС с точками установки КИП приведена на рисунке 13.

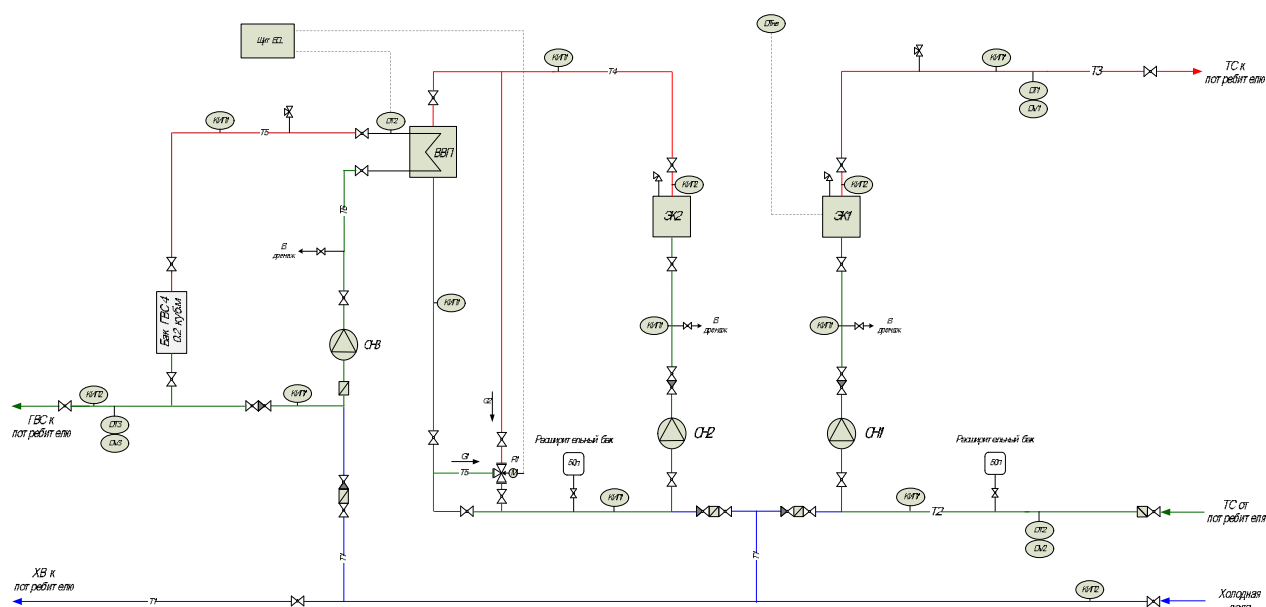


Рисунок 13 – Тепловая схема электрочувствительных ТС и ГВС

В результате анализа функций, выполняемых системой, была составлена функциональная схема автоматизации, представленная на рисунке 14.

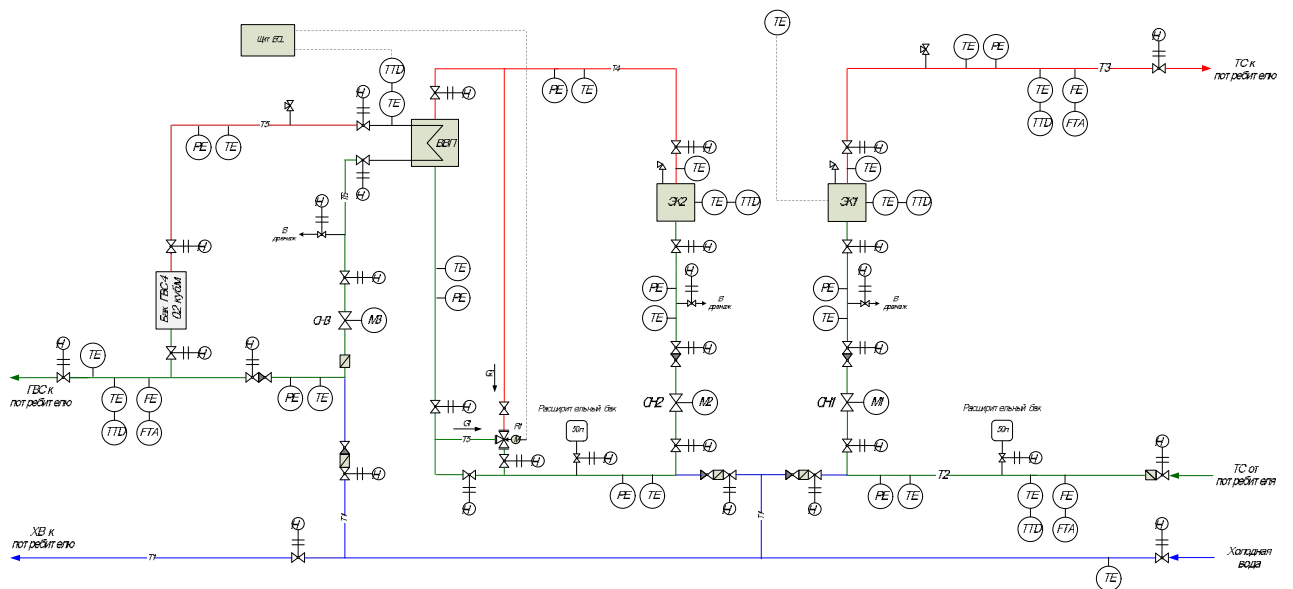


Рисунок 14 – Функциональная схема автоматизации

На данной функциональной схеме отображены все основные технологические параметры и их связь с приборами контроля.

### 2.3 Выбор типа отопительного котла

В настоящее время отопительные электрические котлы можно разделить на три основных типа: ТЭНовые, электродные и индукционные.

#### 1) ТЭНовый котёл

Принцип действия ТЭНовых котлов состоит в том, что погруженный в теплоноситель ТЭН (сопротивление) подогревается при прохождении через него электрического тока, и соответственно, нагревает теплоноситель.

Достоинства ТЭНовых котлов:

- тэны в котле не обладают электрической связью с теплоносителем, в связи с этим он более электробезопасен, почти отсутствуют токи утечки, что позволяет вместе с котлом устанавливать УЗО (устройство защитного отключения);
- мощность всегда одинакова и не зависит от употребляемого теплоносителя и его температуры. Она может меняться лишь в пределах изменения напряжения в питающей электросети;

- просторреализовывать ступенчатое или плавное регулирование мощности, что позволяет уменьшать броски напряжения в питающей сети при включении и выключении котла;
- котлы могут функционировать на обычном тосоле, антифризе, воде;
- выход из строя одного ТЭНа как правило не влечет за собой отключение всего котла;
- могут быть применены для горячего водоснабжения по одноконтурной схеме;
- котлы могут действовать на перегретой воде, при этом температура перегретой воды определяется лишь давлением, на которое рассчитан корпус котла;
- сервис ТЭНовых котлов не требует характерных знаний по электропроводности воды.

Недостатки ТЭНовых котлов:

- ТЭН (Трубчатый ЭлектроНагреватель) имеет узкий ресурс и может перегореть, потому при выборе котла надлежит обращать внимание на возможность смены ТЭНов;
- отложение накипи на ТЭНах существенно ухудшает их охлаждение и подвергает к раннему выходу их из строя;
- в эпизоде работы без воды (сухой ход) моментально происходит выход из строя ТЭНов, в различии от электродного котла;
- цена на ТЭНовые котлы выше, чем на электродные.

## 2) Индукционный котёл

Принцип индукционного нагрева организован на явлении электромагнитной индукции — основание индуцированного тока переменным магнитным полем. Установка индукционного нагрева обладает конструкцией сходность с трансформатором, состоящем из двух контуров. Первичный контур — магнитная система, вторичный контур — теплообменный механизм или ТВЭЛ (тепловыделяющий элемент). Под действием переменного магнитного поля, создаваемого магнитной системой, в металле теплообменного механизма индуциру-

ются токи, делающие его нагрев. Тепло от нагретых поверхностей теплообменного механизма передается нагреваемой среде.

Достоинства индукционных котлов:

- всякое отсутствие нагревательных элементов, что опускает возможность выхода из строя самого котла;
- совершенное отсутствие разъёмных соединений в конструкции, что опускает возможность возникновения течи;
- высокое снижение склонности к созданию накипи;
- большая электробезопасность;
- потенциал изготовления котла практически на всякие температуры и давления, что в особенности важно для технологических употреблений;
- возможность работы почти с любыми теплоносителями;
- потенциал изготовления котлов для прямой работы от сети с напряжением до 6-10 кВ., в том числе постоянного тока что в принципе невыполнимо или очень затруднительно для других типов котлов.

Недостатки индукционных котлов:

- высокая стоимость, относительно с ТЭНовыми и электродными (из-за ВЧ преобразователя);
- большие размеры и огромный вес;
- затруднённая гладкая регулировка мощности.

### 3) Электродный котёл

Процесс нагрева теплоносителя в электродкотле электродного типа совершается за счет омического нагрева, то есть процесс нагрева теплоносителя идет напрямую, без «посредника» (например, ТЭНа). При этом явления электролиза не замечается, так как катод и анод устойчиво меняются местами с частотой электрической сети.

Достоинства электродных котлов:

- отсутствие воды в котле во включённом состоянии (сухой ход) не подвергает к каким-либо последствиям и выходу его из строя в виду отсутствия нагрева воды;

- отложение накипи на электродах котла лишь снижает его мощность и не подвергает к разрушению электродов;

- электродные котлы как правило более компактные, чем ТЭНовые;

- почти бесшумны.

Недостатки электродных котлов:

- электрический ток пропускается прямо через теплоноситель, что существенно повышает риск поражения током, а в результате огромных токов утечки делает нестерпимым применение совместно с таким котлом УЗО (устройство защитного отключения);

- требуется скрупулезная водоподготовка теплоносителя по электропроводности;

- мощность электродкотла не постоянна и очень зависит от температуры теплоносителя в системе, причём с ростом температуры теплоносителя — растут его электропроводность и потребляемая мощность, таким образом при первом пуске системы в холодное время года — мощности котла для прогрева может не хватить. Увеличение электропроводности теплоносителя до нужного уровня при низких температурах может привести к тому, что после прогрева системы она может возрасти на столько, что повергнет к высокой перегрузке и аварии в питающей электросети, а также выходу из строя распоряжающейся котлом силовой аппаратуры;

- этот же эффект (рост электропроводности теплоносителя с повышением температуры) порой приводит к электродуговому пробоем межэлектродного расстояния (фактически КЗ) с большим броском тока в питающей сети и как следствие — частым выходом из строя различной аппаратуры, подключенной к этой сети;

- негодны для использования обычных тосолов, антифризов и неочищенной воды в качестве теплоносителя;

- при употреблении для горячего водоснабжения понадобится еще один контур.

Все вышеперечисленные электродкотлы обладают своими достоинствами и недостатками, разрешающие применять их в тех или иных обстоятельствах.

Для данной системы отопления горячего водоснабжения было решено употребить ТЭНовый котёл марки ZOTАсерии "Lux"(рисунок 15), т.к. он из перечисленных обладает более низкой стоимостью, прост в эксплуатации и обслуживании и при неплохих условиях может работать без замены элементов до десяти лет.

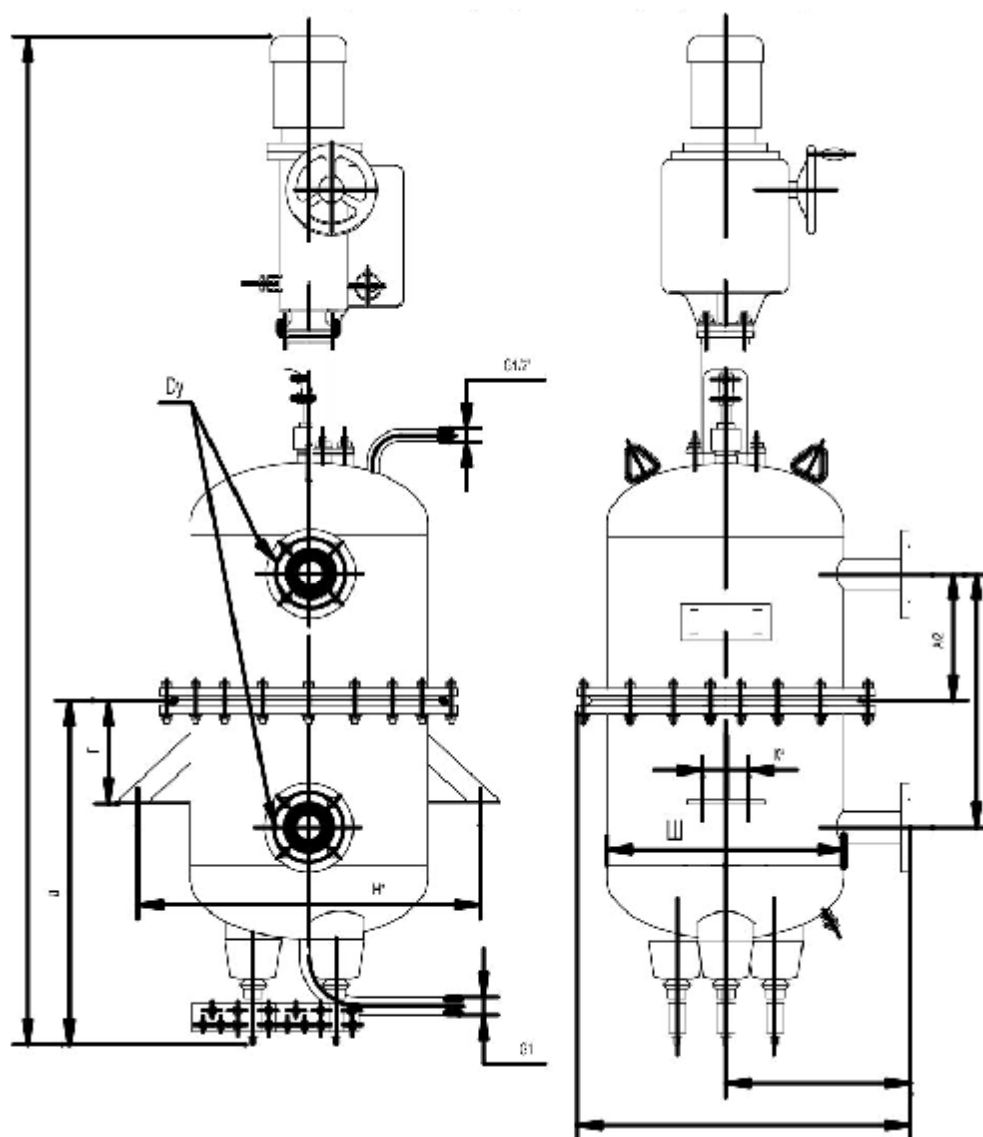


Рисунок 15 – Электродный котёл

### 2.3.1 Характеристики ТЭНового котла марки ZOTАсерии "Lux"

Конструктивно электродкотел представляет собой сосуд цилиндрической формы, который является водогрейной камерой. Внутри сосуда расположен блок фазных электродов. По токоведущим шпилькам через проходные изоляторы к электродам подводится напряжение трехфазной электрической сети 380 В 50 Гц.

Пластинчатое исполнение электродов позволяет работать котлам при малом удельном электрическом сопротивлении воды (практически дистиллированной).

Технические характеристики электродкотла представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электродкотла.

Параметры	КЭВ-160/0,4
Максимальная мощность, кВт	160
Теплопроизводительность, Гкал/час	0,140
Номинальный ток, А	240
Рабочее давление	6 кг/см <sup>2</sup> (0,6 мПа), расчетное давление 10 кг/см <sup>2</sup> (1 мПа)
Напряжение сети трехфазного тока частотой 50Гц +10%; -15%, В	380
Плавное регулирование мощности	1...100 %
Температура воды	95 °С (max 115°С)
КПД	98 %
Габариты котла, мм	680x890x1600
Масса котла, кг	220
Срок службы – 20 лет	

### 2.3.2 Выбор кабеля, питающего электродкотел ЭК ТС

Выбор кабелей будет производиться по длительно допустимому току, а проверку с учетом перегрузочной способности кабелей, умножая длительно допустимый ток кабеля на коэффициент К. К = 1,3 при загрузке кабеля в нормальном режиме на 80% и более, К = 1,35 при загрузке менее 80%.

Расчетная нагрузка электродкотла ЭК ТС:

$$P_{кот} = 30 \text{ кВт} \quad (1)$$

Для определения сечения питающей линии необходимо найти расчетный ток линии в нормальном режиме, и проверить его по току в послеаварийном режиме с учетом перегрузочной способности.

Ток кабеля в нормальном режиме определяется по следующей формуле:

$$I_{н.р} = \frac{P_{кот}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2)$$

Ток в послеаварийном режиме определяется по следующей формуле:

$$I_{н/ав.р} = \frac{1,5 \cdot P_{кот}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (3)$$

Далее выбираются ближайшее сечение кабеля по получившемуся току. Так как длительно допустимые токи зависят от температуры окружающей среды и совместного прокладывания кабелей, то длительно допустимый ток пересчитывается для выбранного кабеля по формуле:

$$I'_{дл.доп} = I_{дл.доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (4)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды ( $K_1 = 0,9$  при средней температуре  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ );

$K_2$  – коэффициент снижения токовой нагрузки при групповой одно-слойной или многослойной прокладке кабелей ( $K_2 = 1$ ).

Кабель принимается к установке, если выполняется условие:

$$I_{н/ав.р} \leq 1,3 \cdot I'_{дл.доп}; \quad (5)$$

Ниже приведен пример расчета сечения кабеля для электродкотла.

$$I_{н.р} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 43,35 \text{ А}; \quad (6)$$



$$I_{n/ав.р} = \frac{1,5 \cdot 30}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 65,03 \text{ А}; \quad (7)$$

К установке принимается медный кабель ВВГ сечением 10 мм<sup>2</sup> и длительно-допустимым током 61 А.

$$I'_{дл.доп} = 61 \cdot 0,89 \cdot 1 = 54,29 \text{ А} \quad (8)$$

$$65,03 \text{ А} \leq 1,3 \cdot 54,29 \text{ А}$$

Выбранный кабель проходит проверку, а следовательно выдерживает послеаварийный режим.

### 2.3.3 Выбор кабеля, питающего электродвигатель ЭК ГВС

Выбор кабелей будет производиться по длительно допустимому току, а проверка с учетом перегрузочной способности кабелей, умножая длительно допустимый ток кабеля на коэффициент К. К = 1,3 при загрузке кабеля в нормальном режиме на 80% и более, К = 1,35 при загрузке менее 80%.

Расчетная нагрузка электродвигателя ЭК ТС:

$$P_{кот} = 21 \text{ кВт}$$

Для определения сечения питающей линии необходимо найти расчетный ток линии в нормальном режиме, и проверить его по току в послеаварийном режиме с учетом перегрузочной способности.

Ток кабеля в нормальном режиме определяется по следующей формуле:

$$I_{н.р} = \frac{P_{кот}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (9)$$

Ток в послеаварийном режиме определяется по следующей формуле:

$$I_{n/ав.р} = \frac{1,5 \cdot P_{кот}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (10)$$

Далее выбираются ближайшее сечение кабеля по получившемуся току. Так как длительно допустимые токи зависят от температуры окружающей

среды и совместного прокладывания кабелей, то длительно допустимый ток пересчитывается для выбранного кабеля по формуле:

$$I'_{дл.доп} = I_{дл.доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (11)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды ( $K_1 = 0,9$  при средней температуре  $25\text{ }^\circ\text{C}$ );

$K_2$  – коэффициент снижения токовой нагрузки при групповой одно-слойной или многослойной прокладке кабелей ( $K_2 = 1$ ).

Кабель принимается к установке, если выполняется условие:

$$I_{н/ав.р} \leq 1,3 \cdot I'_{дл.доп}; \quad (12)$$

Ниже приведен пример расчета сечения кабеля для электродкотла.

$$I_{н.р} = \frac{21}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 30,35 \text{ A}; \quad (13)$$

$$I_{н/ав.р} = \frac{1,5 \cdot 21}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 45,52 \text{ A}; \quad (14)$$

К установке принимается медный кабель ВВГ сечением  $6 \text{ мм}^2$  и длительно-допустимым током  $45 \text{ A}$ .

$$I'_{дл.доп} = 45 \cdot 0,89 \cdot 1 = 40,05 \text{ A} \quad (15)$$

$$45,52 \text{ A} \leq 1,3 \cdot 40,05 \text{ A}$$

Выбранный кабель проходит проверку, а следовательно выдерживает послеаварийный режим.

## 2.4 Выбор регулятора системы управления

Так как ТЭНовые котлы марки ZOTA серии "Lux" уже обладают собственной системой управления, остается необходимость определить тип регулятора для контура №2 ГВС, а именно для поддержания заданной температуры в контуре №2. Если измеряемая температура контура №2 ниже задания

температуры ГВС, клапан с электроприводом (M1) будет постепенно открываться и наоборот. Если заданная температура ГВС не может быть достигнута, то клапан откроется полностью.

По этим требованиям подходит регулятор температуры ECL Comfort 210.

Таблица 1 – Основные технические характеристики

Параметр	ECL Comfort 210/210 B	ECA 30
Рабочая температура окружающей среды, °С	0–55	
Температура хранения и транспортировки, °С	От –40 до +70	
Монтаж	Вертикально на стене или DIN-рейке (35 мм)	Вертикально на стене или в вырезе панели щита управления
Тип датчика температуры	Pt 1000 (1000 Ом при 0 °С по IEC 751B), рабочий диапазон от –60 до 150 °С	Встроенный датчик температуры воздуха в помещении Pt 1000 (1000 Ом при 0 °С по IEC 751B)
Цифровой вход	12 В	—
Аналоговый вход	0—10 В, разрешение 9 бит	—
Частота входного сигнала, Гц	Макс. 200	—
Масса, кг	0,46 / 0,42	0,14
Дисплей	Графический монохромный дисплей с подсветкой, 128 x 96 точек. Режим работы дисплея: черная подсветка, белый текст	
Минимальный период резервирования времени и даты, ч	72	—
Класс защиты	IP 41	IP 20

ECL Comfort 210 — специальный электронный цифровой регулятор температуры, назначенный для употребления в разных многоконтурных (до 3 контуров) технологических схемах (приложениях) систем тепло- и холодоснабжения домов. Регулятор конфигурируется под избранное приложение с поддержкой электронного ключа программирования ECL. Регулятор обладает рядом особенностей: — снабжен улучшенной функцией погодного возмещения регулируемой температуры (настройка температурного графика реализуется по 6 точкам); — снабжает поддержку комфортных параметров при лучшем энергопотреблении; — ограничивает температуру теплоносителя, возвращаемого источнику теплоснабжения, и его расход в подчиненности от температуры наружного воздуха, содействуя понижению потребляемой энергии; — наимень-

шая ручная настройка регулятора несмотря на применение электронных ключей программирования; — функции ведения архива температуры и сигнализации об аварии. Модификации регулятора:

1. ECL Comfort 210 - с монохромным дисплеем, на ком отображается как текстовая, так и графическая информация, и многофункциональной поворотной кнопкой правления;

2. ECL Comfort 210 В — без дисплея и кнопки.

Многофункциональный регулятор температуры ECL Comfort 210/210 В и блок дистанционного управления ECA 30. Данное реализация регулятора используется вместе с блоком дистанционного управления ECA 30, снабженным такими же дисплеем и кнопкой управления, что и основная модель регулятора. Блок ECA 30 назначен для контроля температуры воздуха в здании с помощью встроенного в него температурного датчика, а также для ручного дистанционного управления регулятором ECL Comfort 210 В или сети контроллеров ECL Comfort 210/310. Вместо встроенного датчика к ECA 30 может быть добавлен выносной температурный датчик. К регулятору возможно подключить до 6 температурных датчиков образца Pt 1000. К тому же располагаются два конфигурируемых входа для температурных датчиков Pt 1000, датчиков давления (0–10 В) или цифровых датчиков. ECL Comfort 210 обладает тиристорными выходами для трехпозиционного управления электроприводами двух регулирующих клапанов и реле — для включения или отключения насосов и включения устройства аварийной сигнализации. ECL Comfort 210 — автономный регулятор с возможностью связи с ECA 30 и прочими регуляторами семейства ECL Comfort через шину передачи данных ECL 485. К шине ECL 485 подключается не более двух блоков ECA 30. Один блок может отслеживать до 10 регуляторов ECL Comfort в режиме «ведущий/ ведомый». ECA 30 объединяется с регулятором двумя УТРкабелями (для связи и электропитания). ECL Comfort 210 назначен для настенного монтажа или для предписания на DIN-рейке. ECL Comfort 210 В размещается внутри щита, а блок ECA 30 определяется, как правило, на его фронтальной панели. Электронные ключи программирования разрешают на-

страивать ECL Comfort 210 для управления разнообразными технологическими схемами. Память ключа хранит алгоритм управления данным приложением, графическую информацию, вводимую на дисплей, заводские параметры или данные пользователем функции регулирования. Ключ заказывается под данное приложение. Тип ключа отвечает номеру приложения.

Регулятор ECL Comfort 210 снабжен всеми необходимыми функциями нынешнего электронного регулятора температуры для систем отопления и ГВС. Общие параметры: — регулятор может употребляться в системах регуляторов ECL Comfort 210/310 в режиме «ведущий/ведомый»; — ключ программирования ECL держит специализированное программное обеспечение для эластичной конфигурации. Имеется возможность снабжения регулятора свежим специализированным программным обеспечением; — помимо типовых функций ECL Comfort 210 хранит функции регистрации данных и аварийной сигнализации; — смонтированные часы реального времени реализовывают автоматический переход на летнее/ зимнее время, отражают график рабочих дней, выходных и праздников; — в ряде случаев доступна функция защиты электродвигателя, снабжающая стабильное управление и крупный срок службы привода регулирующего клапана. В летний период либо во время отключения отопления регулятор реализовывает периодическое включение электропривода регулирующего клапана для предупреждения его заклинивания; — управление по расписанию собирается на основе недельной программы. Программа праздников дает возможность выбирать дни с комфортным или ограничивающим (экономным) режимом; — для уменьшения потребляемой тепловой энергии или расхода теплоносителя к регулятору ECL Comfort 210 могут подключать тепловычислитель либо расходомер с импульсными сигналами; — во многих приложениях может быть подключение датчиков давления с выходным сигналом 0–10 В либо 4–20 мА. Поднастройка диапазона измеряемого давления реализовывается в регуляторе; — в ряде приложений имеется возможность поднастройки цифровых входов. Такая функция разрешает переключать с комфортного на энергосберегающий режим при помощи внешнего переключателя; — потенциал индивидуаль-

ной настройки для конкретного контура параметров управления (диапазона соразмерного регулирования, времени интегрирования, времени работы электропривода клапана и зоны нечувствительности); — в некоторых применениях включено управление подпиткой и/или спаренными насосами. Параметры управления системой отопления: — поручение отопительного графика по 6 реперным точкам. Расширение максимальной и минимальной температуры теплоносителя; — погодозависимое расширение температуры обратного теплоносителя или ограничение по фиксированной величине; — автоматическое отключение отопления при росте температуры наружного воздуха выше заданного значения; — корректировка температуры теплоносителя в подчиненности от требуемой температуры воздуха в отапливаемом здании; — оптимизация длительности режимов труда системы отопления в зависимости от температуры наружного воздуха; — линейно увеличивающаяся функция обеспечивает гладкое включение отопления при централизованном теплоснабжении. Вероятность плавного включения отопления увеличивает надежность систем централизованного теплоснабжения; — управление циркуляционным насосом в соответствии с термической нагрузкой и защитой от промерзания. При отсутствии тепловой нагрузки проверяется работа насоса для избежание его заклинивания; — параметр энергосбережения возможен осуществляться по двум вариантам: понижение температуры теплоносителя, даваемого в систему отопления, на фиксированную величину или в соответствии с внешней температурой (чем она ниже, тем мельче понижение); отключение отопления с сохранением защиты ее от замерзания. Параметры управления системой ГВС: — автоматическая поднастройка функций управления в целях поддержания заданной температуры горячей воды в системе ГВС предусмотрена для отвечающих случаев применения. Автоматическая настройка используется только для систем, где используются регулирующие клапаны Danfoss; — потенциал осуществлять по заданному расписанию тепловую антибактериальную дезинфекцию трубопроводной сети системы ГВС; — обеспечение настраиваемого приоритета ГВС над отоплением.

## 2.5 Выбор насосов

В системе теплоснабжения присутствуют два сетевых насоса, с помощью которых регулируется расход, и один подпиточный для регулирования давления. На всех насосах установлены асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Расчет производительности сетевых насосов и их выбор

Для расчета производительности сетевого насоса ЭК ТС воспользуемся формулой (16):

$$Q = \frac{W}{C(t_1 - t_2)}, \quad (16)$$

где  $W$  – мощность электродогревателя,

$C$  – теплоёмкость воды ( $C = 1,163 \frac{Вт}{л \cdot ^\circ C}$ ),

$t_1$  – температура теплоносителя на подающем трубопроводе;

$t_2$  – температура теплоносителя на обратном трубопроводе.

Для получения максимального значения расхода, примем температуру наружного воздуха равной минус сорок градусов Цельсия. Тогда по графику 95-70 мы получим следующие температуры на подаче и обратке теплосети:  $t_1 = 95 \text{ } ^\circ C$ ,  $t_2 = 70 \text{ } ^\circ C$ . Подставляя данные значения в формулу

**Ошибка! Источник ссылки не найден.** получаем:

$$Q = \frac{30}{1,163 \cdot (95 - 70)} = 1 \frac{тонн}{час} \quad (17)$$

В результате проведённых расчетов был выбран сетевой насос Wilo Top-S 25/10 мощностью 400 Вт, характеристика работы которых представлена на следующем рисунке.

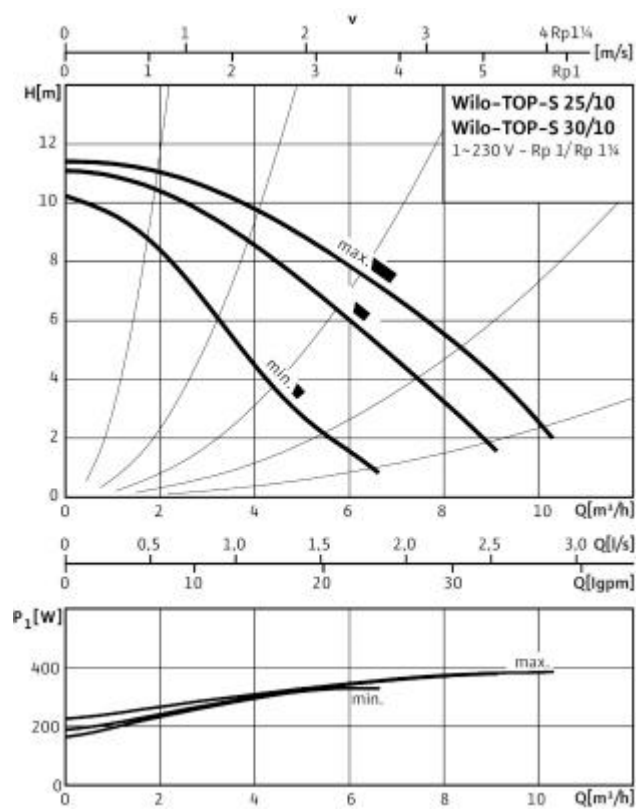


Рисунок 16 – Wilo Top-S 25/10

Сетевые насосы для ЭК ГВС выберем такие же, т.к. мощность котлов практически одинаковая.

## 2.6 Схемы питания

На рисунке 17 изображена схема распределения нагрузки в электропитании ЭК ТС и ЭК ГВС.



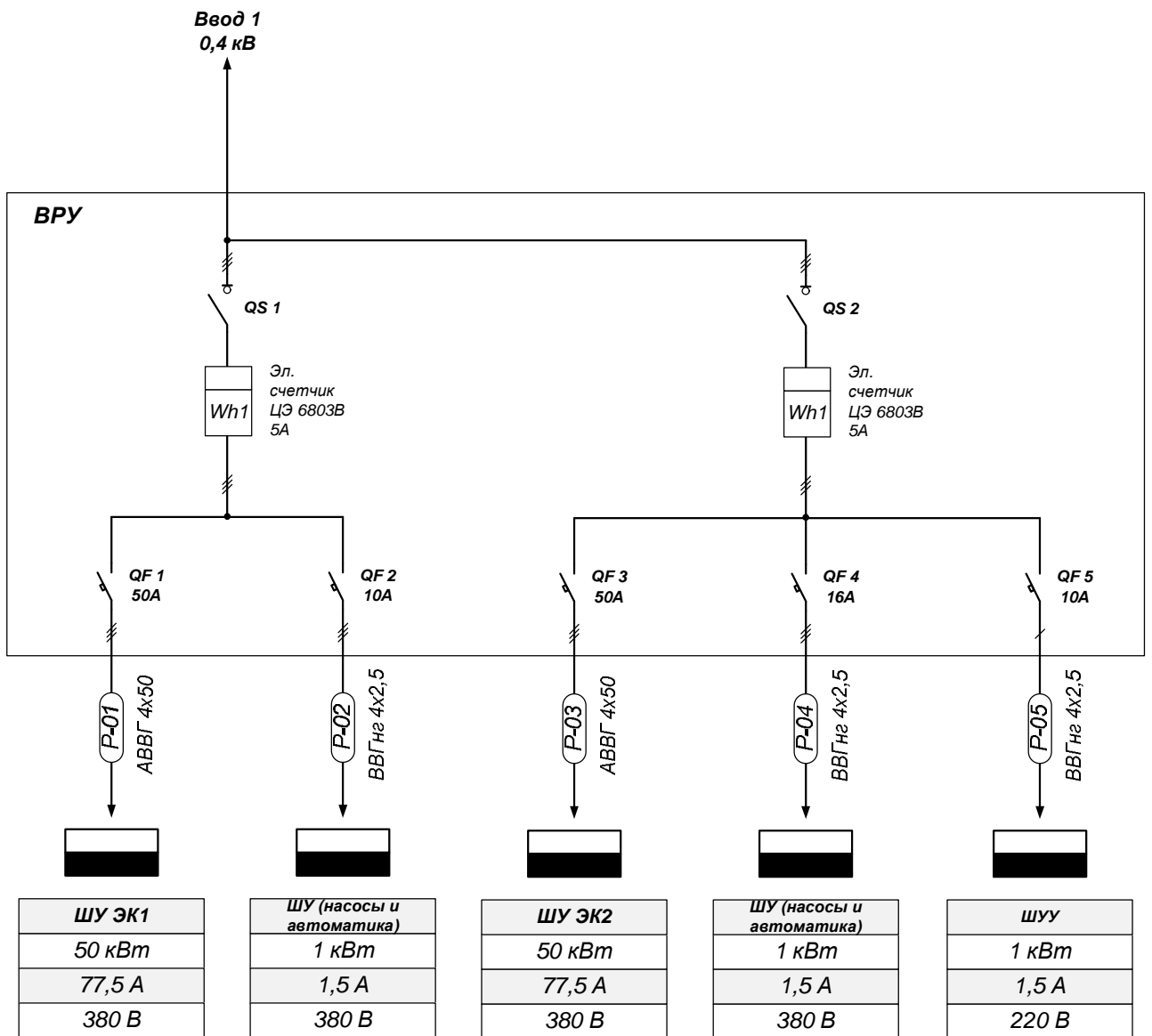


Рисунок 17 – Однолинейная схема питания электокотельной

На рисунке 17 однолинейная схема питания шкафа управления и шкафа узла учета.

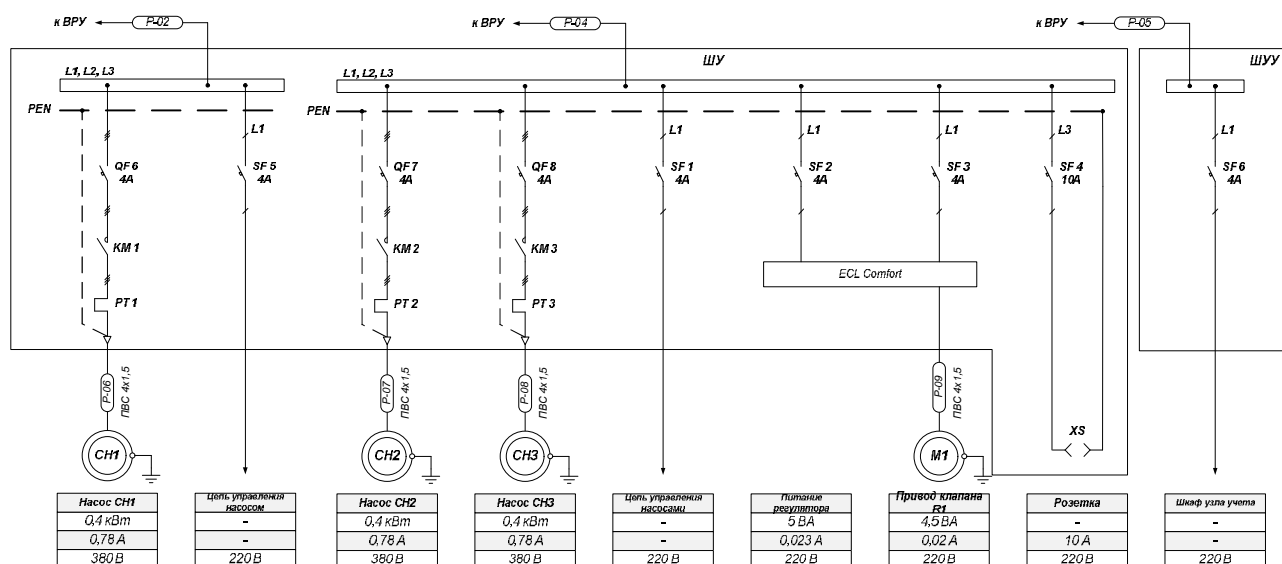


Рисунок 18 – Однолинейная схема питания электрокотельной

## 2.7 Схемы управления

ЭК ТС изменяет мощность ступенчато в зависимости от температуры задания, температуры наружного воздуха и температуры обратной воды с помощью блока управления встроенного в ШУ ЭК1. Сетевой насос СН1 включается переключателем с шкафа управления ШУ, при выключении насоса, отключается система управления котлом, а следовательно и вся котельная ЭК ТС, рисунок 18.

ЭК ГВС имеет два контура регулирования. Первый, имеет аналогию с ЭК ТС, но не задается температура наружного воздуха и уставка не меняется и равна  $t=90$ , потребителем является водо-водяной подогреватель, который должен греть воду второго контура ЭК ГВС с уставкой  $t=60$ . Это осуществляется при помощи регулятора DanfosComfort 210, регулятор имеет обратную связь - температуру с выхода теплообменника и уставку, управляет трехпозиционным электроприводом, который ограничивает протекание воды через ВВП в первом контуре ЭК ГВС. В каждом контуре имеются сетевые насосы - СН2 и СН3 осуществляющие циркуляцию воды. Включение и выключение также с помощью переключателей на ШУ. Выключение хотя бы одного из насосов приводит к отключению ЭК ГВС, схема управления рисунок 19.

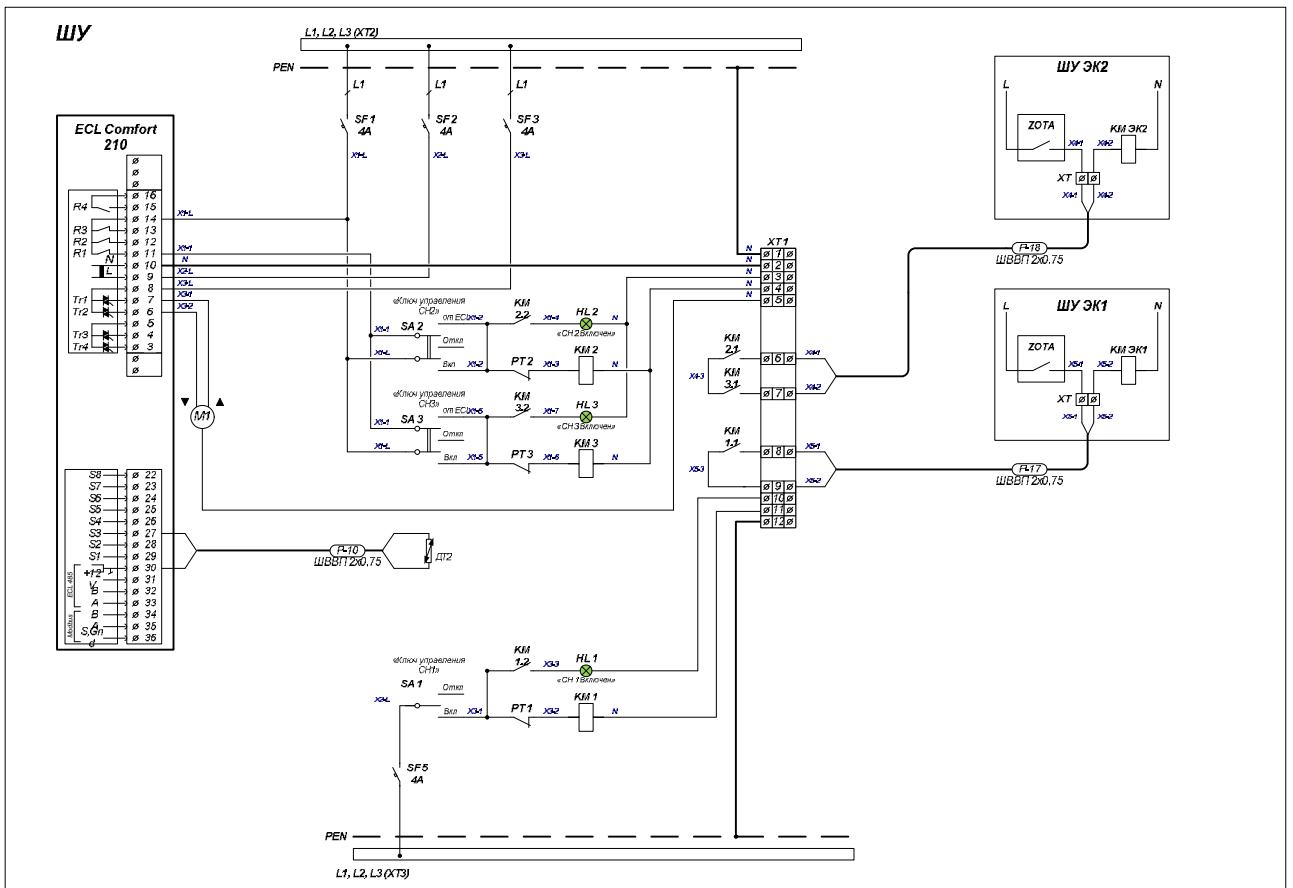


Рисунок 19 – Схема управленияЭК ТС иЭК ГВС

## 2.8 Схема узла учета тепловой энергии

Для технологического учета тепловой энергииЭК ТС иЭК ГВС и дальнейшего анализа эффективности работы электрокотельной применяется узел учета на базе тепловычислителя ВКТ7-03, датчиков температуры КТСПН и расходомеров ПРЭМ с импульсным выходом. Принципиальная электрическая схема узла учета представлена на рисунке 20.

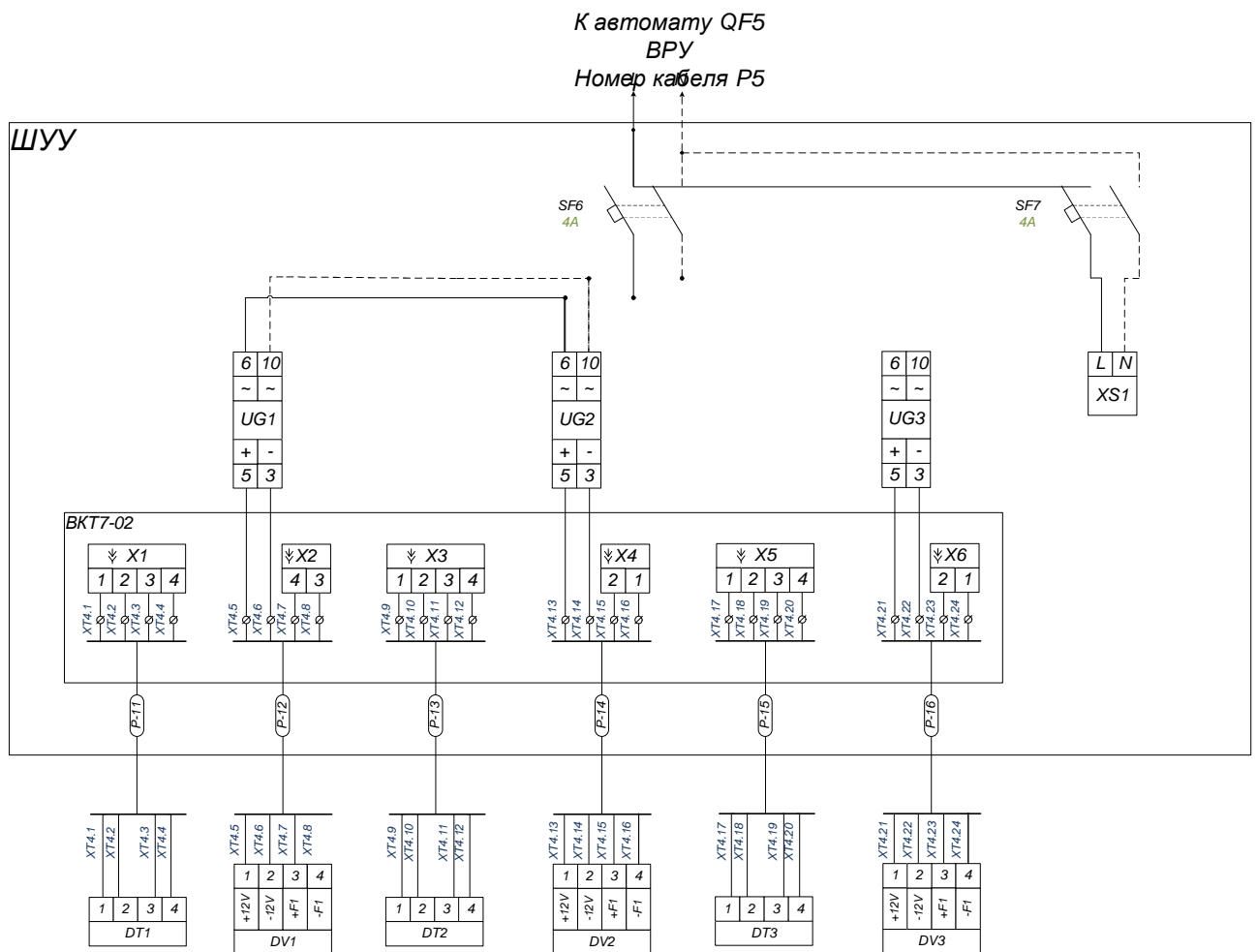


Рисунок 20 – Принципиальная электрическая схема узла учета

## 2.9 Схемы размещения оборудования в шкафах автоматики

На основе разработанных принципиальных схем, а также после выбора оборудования необходимо скомплектовать всё в шкафах автоматики. Для шкафа ВРУ был выбран щит навесной с монтажной панелью ЩРНМ-4800x600x250IP54. Графическое изображение которого вместе с размещённым в нём оборудованием представлено на рисунке 21.

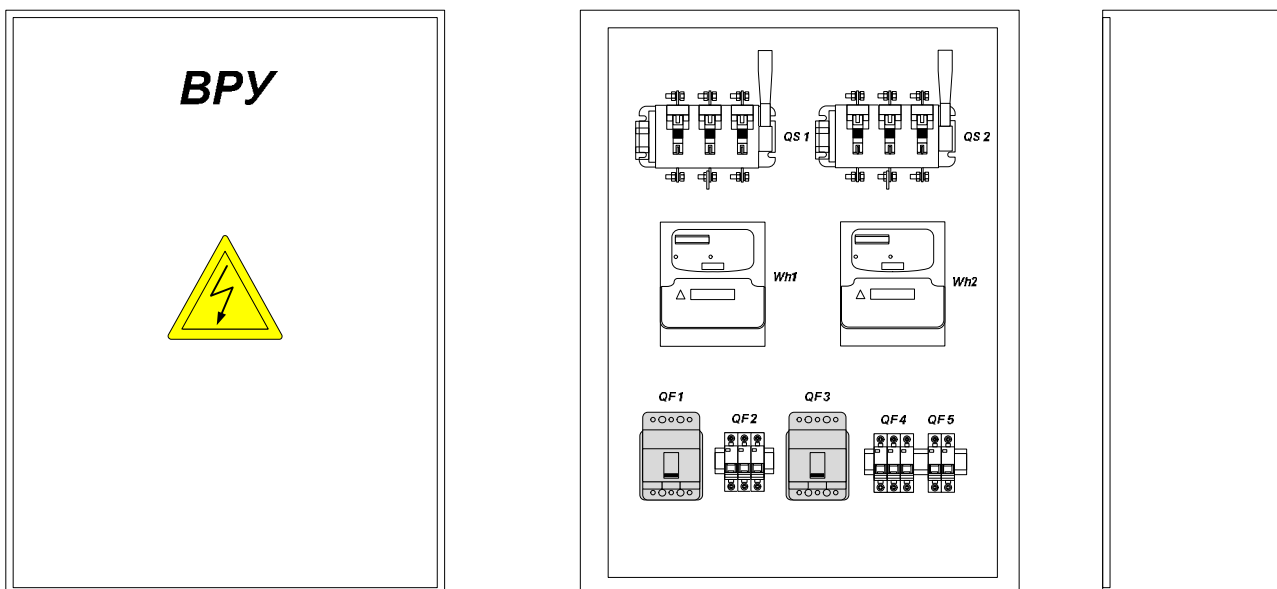


Рисунок 21 – Шкаф ВРУ

Для шкафа управления выбран щит ДКС размером 500x500x200 мм. Изображение данного шкафа представлено на рисунке 22.

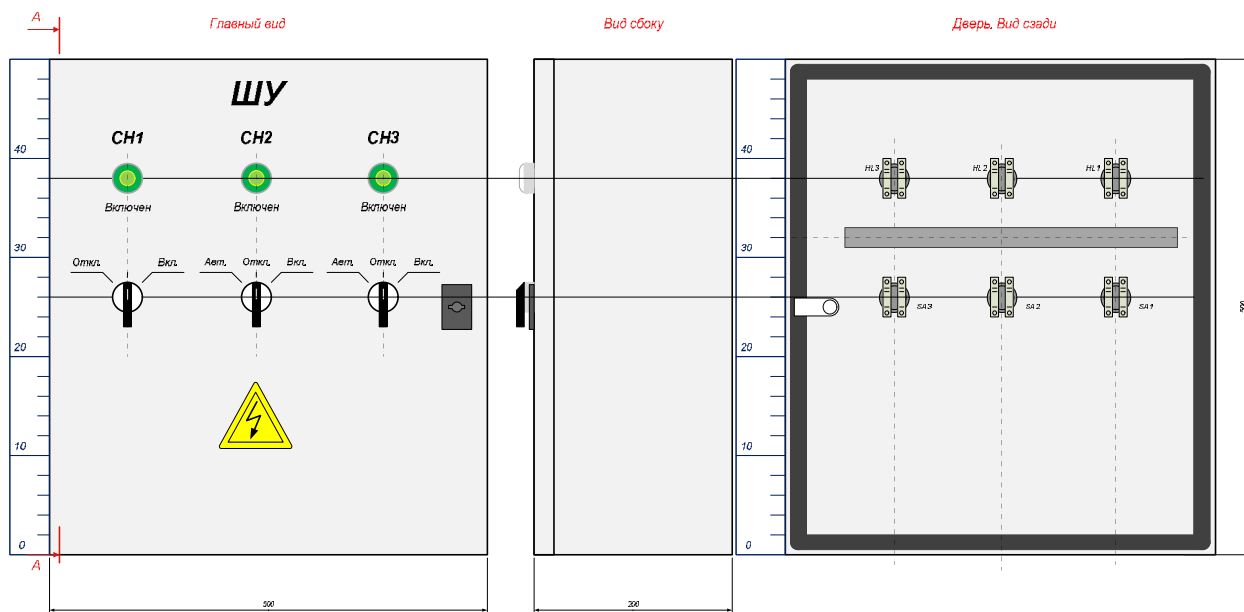
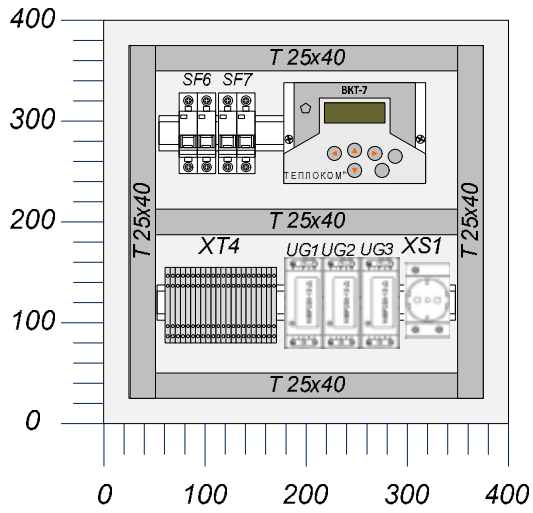


Рисунок 22 – Шкаф управления

Для шкафа узла учета выбран щит ДКС размером 400x400x200 мм. Изображение данного шкафа представлено на рисунке 23.

Вид спереди. Дверь снята



Главный вид

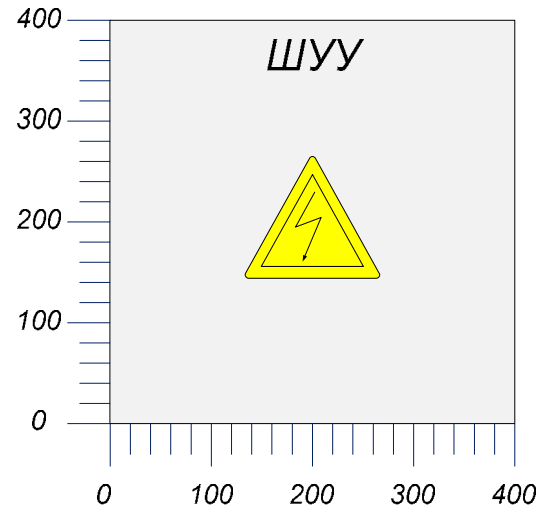


Рисунок 23 – Шкаф узла учета

## 3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 3.1 Характеристика и анализ производственных опасных и вредных факторов

При труде электрокотельной возможно появление факторов, неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего персонала. Сведения об этих факторах сведены в таблицу 2.

Таблица 3– Общая характеристика опасных и вредных производственных факторов электрокотельной

№	Опасные и вредные производственные факторы	Источники, места, причины возникновения опасных и вредных факторов	Нормируемые параметры, ссылка на литературу	Основные средства защиты
1	2	3	4	5
<b>Вредные факторы</b>				
1	Аномальные параметры микроклимата	Электрокотельная	Для работы средней тяжести: Холодный период $t=19-210C^{\circ}$ влажность=40-60% скорость воздуха=0,2м/с Теплый период $t=20-230C^{\circ}$ влажность=40-60% скорость воздуха=0,3м/с СанПиН 2.2.4.548-96	Наличие системы отопления, вентиляции При работах на открытом воздухе в холодный период наличие помещений для обогрева работающих.
2	Аномальные параметры освещения.	Электрокотельная	При работах средней точности $e_n=2,4\%$ $E=200лк$ СНиП 23-05-95	Наличие совмещенного комбинированного освещения
3	Уровень шума в помещении	Работающее технологическое оборудование электрокотельной	Предельно допустимый уровень звука $L_a = 70ДБА$ СН 2.2.421.8.562-96	Звукоизоляция помещений, наличие индивидуальных средств защиты от шума, защита звукоизоляции оборудования

1	2	3	4	5
4	Производственная вибрация	Работающее технологическое оборудование электростанции	Предельно допустимое значение производственной вибрации (для тела человека 6-9 Гц); Виброскорость 2,8 м/с <sup>10-2</sup> Виброускорение 1,4 м/с <sup>2</sup> СН 2.2.4/2.1.8.566-96	Устройства мощных фундаментов под механизмы, устройства виброгасителей и виброизоляторов.
5	Опасность поражения электрическим током	Электроустановки под напряжением	Удельное сопротивление заземлителя не более 4 Ом Предельно допустимый ток проходящий через тело человека 5-15 мА. ПУЭ, ГОСТ 12.1.030-81	Средства коллективной индивидуальной защиты.
6	Работы на высоте	Рабочие места и проходы к ним на высоте 1,3 м и более и расстоянии менее 2 м от границы перепада по высоте. СНиП 12-03-01	-	Использование стремянок и подмостей не выше 5 м, монтажных поясов
Опасные факторы				
7	Опасность возникновения пожаров и взрывов	Оборудование электростанции	Введение категорий по взрыво-пожароопасности с категорией В. НПБ 105-95	Применение огнестойких строительных конструкций, устройство системы пожаротушения.

### 3.2 Безопасность производственных процессов

#### *Микроклимат.*

Для поддержания необходимой температуры и влажности помещение котельной оснащено системой вытяжной вентиляции.

#### *Уровень шума и вибрации.*

Шумы и вибрации в помещении электростанции практически отсутствуют. Структурный шум, то есть шум, излучаемый поверхностями колеблю-



щихся конструкций стен, перекрытий, перегородок здания в звуковом диапазоне частот, практически отсутствует. Рабочее помещение расположено в подвальном помещении, поэтому уличные шумы и вибрации сведены к минимуму.

### *Электробезопасность*

Общие требования:

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- 1) оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- 2) допуск к работе;
- 3) надзор во время работы;
- 4) оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- 1) выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- 2) ответственный руководитель работ;
- 3) допускающий;
- 4) производитель работ;
- 5) наблюдающий;
- 6) члены бригады.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие *технические мероприятия*:

- 1) произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подачи напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- 2) на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- 3) проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим то-

ком;

4) наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

5) вывешены указательные плакаты «заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Количество электротравм в общем числе несчастных случаев невелико, до 1,5%. Для электроустановок напряжением до 1000 U количество электротравм достигает 80%, в связи с их повсеместной распространённостью.

Человек дистанционно не может определить находится ли установка под напряжением или нет. Ток, который протекает через тело человека, действует на организм не только в местах контакта и по пути протекания тока, но и на такие системы как кровеносная, дыхательная и сердечно-сосудистая.

Возможность получения электротравм имеет место не только при прикосновении, но и через напряжение шага и через электрическую дугу.

Электрический ток, проходя через тело человека оказывает термическое воздействие, которое приводит к отекам (от покраснения, до обугливания), электролитическое (химическое), механическое, которое может привести к разрыву тканей и мышц, поэтому все электротравмы делятся на местные; и общие (электроудары).

Приведём предельно допустимые уровни (ПДУ) для напряжения и тока . ПУЭ, ГОСТ 12.1.030-81

Таблица 4 - ПДУ тока и напряжения

Род и частота тока	Норм. вел.	ПДУ, при t, с	
		0,01 - 0,08	свыше 1
Переменный f = 50 Гц	УД	650 В	36 В
	ІД	—	6 мА
Переменный f = 400 Гц	УД	650 В	36 В
	ІД	—	6 мА
Постоянный	УД	650 В	40 В
	ІД		15 мА

Электростанционное отделение, где установлены основное оборудование 0,4 кВ, относится к классу особо опасных помещений по степени возможности поражения людей электрическим током, так как является помещением с относительной влажностью. Также имеется опасность одновременного прикосновения людей к любым металлическим частям (трубопроводы, металлические и бетонные полы) и одновременно к корпусу электрооборудования.

Мероприятия по борьбе с электротравматизмом:

1) для защиты людей от поражения электрическим током выполняется изоляция токоведущих частей, находящихся под напряжением, с помощью различных диэлектрических материалов (пластмасса, резина, поливинилхлорид и т.д.)

2) для защиты людей применяются ограждения, блокировки и сигнализация.

Ограждения – обеспечивают недоступность токоведущих частей. Могут быть сплошные и сетчатые; стационарные и съемные.

Блокировки – для предотвращения коммутаций электрооборудования под нагрузкой.

Сигнализация – световая, звуковая – для предупреждения персонала о возможности поражения электрическим током.

*Технические средства защиты.*

1) малое напряжение (12В, 36В, 50В) – применяется в переносных светильниках, ручном электрооборудовании.

2) Электрическое разделение длинных сетей на участки с целью увеличения сопротивления участка сети, а, следовательно, уменьшения тока прикосновения.

3) Двойная изоляция – дополнительная изоляция, защищающая человека при повреждении.

4) Защита от статического электричества, которое может привести к пожарам и взрывам.

Для ликвидации статического электричества применяются следующие

меры:

- нейтрализация зарядов;
- отвод зарядов заземляющими устройствами;
- повышение влажности воздуха;
- отвод зарядов, накапливающихся на людях  
(заземление, токопроводящие полы, СИЗ)

5) Защитное заземление – преднамеренное соединение с землей металлических частей электроустановок с целью обеспечения безопасности.

6) Защитное зануление – преднамеренное соединение с нулевым защитным проводником металлических проводящих частей, которые могут оказаться под напряжением.

7) Защитное отключение – быстродействующая система защиты, автоматически обеспечивающая отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током.

8) Электрозащитные устройства – переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от действия дуги и электромагнитного поля.

9) Защитная сигнализация и блокировка.

10) Индивидуальные средства защиты.

11) Знаки и плакаты безопасности.

*Электрозащитные средства.*

*Основные электрозащитные средства до 1000 В.*

Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

*Дополнительные электрозащитные средства до 1000 В.*

Диэлектрические галоши, диэлектрические ковры, переносные заземления, изолирующие подставки и накладки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

*Знаки и плакаты безопасности.*

Предупреждающие (СТОЙ НАПРЯЖЕНИЕ и т.д.)

Запрещающие (НЕ ВКЛЮЧАТЬ РАБОТАЮТ ЛЮДИ и т.д.)

Предписывающие (РАБОТАТЬ ЗДЕСЬ и т.д.)

Указательный (ЗАЗЕМЛЕНО)

### 3.2.1 Заземление электрокотельной

При обслуживании электроустановки опасность представляют не только изолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением, но и те конструктивные части электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции (корпуса электродвигателей, пускателей, кожухи шинопроводов, металлические каркасы щитов и т.п.)

Защитное заземление это преднамеренное соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством для обеспечения электробезопасности.

Кроме защитного заземления, в электроустановках применяется рабочее заземление, предназначенное для создания нормальных условий работы аппарата или электроустановки.

К рабочему заземлению относится заземление нейтралей трансформаторов, генераторов, дугогасительных катушек. Без рабочего заземления аппарат не может выполнить своих функций или нарушается режим работы электроустановки. Для выполнения заземлений различных назначений и разных напряжений в электроустановках, территориально, приближенных одна к другой, рекомендуется применять одно общее заземляющее устройство, удовлетворяющее требованиям к заземлению этих электроустановок.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и заземляющих проводников. В качестве заземлителей используются в первую очередь естественные заземлители:

- проложенные в земле стальные водопроводные трубы;
- трубы артезианских скважин;
- стальная броня и свинцовые оболочки силовых кабелей, проложенных в

земле;

- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие надежный контакт с землей;

- различного рода трубопроводы, проложенные в земле.

Расчет заземляющих устройств сводится к определению количества вертикальных электродов, которые нужно поместить в землю, чтобы получить необходимое сопротивление заземляющего устройства.

Электроды располагаем в ряд.

Приведём начальные данные для расчёта заземления:

Согласно требованиям ПУЭ сопротивление заземляющего устройства для совместного использования в электроустановках напряжением до и выше 1000 В не должно превышать:  $R_{3V} \leq 4 \text{ Ом}$ .

В помещении электродотельной имеется естественный заземлитель – трубопроводы горячей и холодной воды. Из-за отсутствия данных по их сопротивлению растеканию тока примем, что требуемое сопротивление искусственного заземлителя должно быть равным требуемому согласно ПУЭ:

$$R_{II} = R_{3V} = 4 \text{ Ом} \quad (18)$$

Для грунта типа суглинок удельное сопротивление растекания тока составляет:  $r_{уд} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Значение удельного сопротивления грунта в течении года не остаётся постоянным. Почва летом высыхает, а зимой промерзает, это сказывается на проводимости. Учёт данного фактора производится введением повышающих коэффициентов.

$K_{пов.в}=4.5$  Для вертикальных электродов при длине 2-3 м и глубине залегания 0.5-0.8 м.

$K_{пов.г}=1.8$  Для горизонтальных электродов при глубине заложения 0.8 м.

Значения коэффициентов приведены для второй климатической зоны.

Определим удельные сопротивления с учётом повышающих коэффици-

ЕНТОВ

$$r_{РАСЧ.Г} = r_{УД} \cdot K_{ПОВ.Г} = 100 \cdot 1.8 = 180 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (19)$$

$$r_{РАСЧ.В} = r_{УД} \cdot K_{ПОВ.В} = 100 \cdot 4.5 = 450 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (20)$$

Для второй климатической зоны глубина промерзания грунта составляет 2.6 метра. А длина намеченных к использованию заземляющих электродов составляет 5 м. Такая длина исключает влияние погоды на удельное сопротивление для вертикальных электродов, поэтому  $r_{РАСЧ.В} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Найдём сопротивление одного вертикального электрода выполненного из прутка диаметром 12 мм и длиной 5 м. Данные по электродам:

$d_э=0.012$  м,  $l=5$  м. Глубина заложения  $t=0.7+2.5=3.2$  м.

$$R_{ОД.В.Э} = \frac{r_{РАСЧ.В}}{2 \cdot \rho \cdot l} \cdot \left( \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l}\right) \right); \quad (21)$$

$$R_{ОД.В.Э} = \frac{100}{2 \cdot 3.14 \cdot 5} \cdot \left( \ln\left(\frac{2 \cdot 5}{0.012}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 3.2 + 5}{4 \cdot 3.2 - 5}\right) \right) = 22.72 \text{ Ом} \quad (22)$$

Найдём примерное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования КИСП=0.6

$$n = \frac{R_{ОД.В.Э}}{K_{ИСП} \cdot R_{ЗУ}} = \frac{22,72}{0,6 \cdot 4} = 9,46 \text{ штук.} \quad (23)$$

Предварительно  $n=10$  штук.

Находим сопротивление горизонтальных электродов, которые представляют из себя стальные полосы 40\*4. Коэффициент использования соединительной полосы 40\*5 при числе заземляющих электродов >10 и отношению расстояния между заземлителями к их длине равному 1.

$K_{ИСП.Г}=0.62$ .

$$R_{Г.Э} = \frac{1}{K_{ИСП.Г}} \cdot \frac{r_{РАСЧ.Г}}{2 \cdot p \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H}\right), \quad (24)$$

где  $l$  – длина полосы,  $l=5 \cdot n=5 \cdot 10=50$  м,  $b=0.04$  м – ширина полосы,

$H=0.7$  м – глубина залегания в грунте.

Тогда:

$$R_{Г.Э} = \frac{1}{0,62} \cdot \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 50^2}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 11,17 \text{ Ом} \quad (25)$$

Тогда требуемое сопротивление, которое должны давать вертикальные электроды:

$$R_{В.Э} = \frac{R_{Г.Э} \cdot R_{ЗУ}}{R_{Г.Э} - R_{ЗУ}} = \frac{11,17 \cdot 4}{11,17 - 4} = 6,23 \text{ Ом} \quad (26)$$

Определим реальный коэффициент использования вертикальных электродов при их расположении вдоль длиной стороны здания в ряд, общем числе около 10 и отношению расстояния между электродами к их длине 1.  $K_{ИСП}=0,47$ . Тогда уточним число вертикальных электродов:

$$n = \frac{R_{ОД.В.Э}}{K_{ИСП} \cdot R_{В.Э}} = \frac{22,72}{0,47 \cdot 6,23} = 7,76 \text{ штук.} \quad (27)$$

Принимаем окончательно число электродов 8. Электроды равномерно располагаем вдоль длиной стороны здания.

Определим сопротивление, которое дают вертикальные электроды:

$$R_{В.Э} = \frac{R_{ОД.В.Э}}{K_{ИСП} \cdot n} = \frac{22,72}{0,47 \cdot 8} = 6,04 \text{ Ом} \quad (28)$$

Сопротивление электродов меньше требуемого отсюда можно сделать



вывод, что расчет произведен верно.

В существующей электростанции заземление осуществляется с помощью естественных заземлителей.

### 3.2.2 Освещённость электростанции

Освещённость в котельной должна соответствовать требованиям действующих норм в соответствии со СНиП23-05-95\*.

Помимо рабочего освещения в котельной должно быть аварийное электрическое освещение от источников питания, независимых от общей электрической сети.

Подлежат обязательному оборудованию аварийным освещением следующие места:

- фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади и над котлами;
- тепловые щиты и пульты управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- вентиляторная площадка;
- помещения для баков и деаэраторов;
- площадка и лестницы котлов;
- насосное помещение.

Для котельных с площадью до 250 м<sup>2</sup> в качестве аварийного освещения разрешается применять переносные электрические фонари.

По характеристике зрительной работы помещение электростанции относится к IV группе (работы средней точности).

Проведем расчет искусственного освещения.

В качестве исходных данных мы имеем параметры рабочего помещения:

длина ( $A$ ) = 8 м; ширина ( $B$ ) = 6 м; высота ( $H$ ) = 3,2 м;

коэффициент отражения стен ( $P_c$ ) = 30 %;

коэффициент отражения потолка ( $P_n$ ) = 80 %;

коэффициент отражения пола ( $P_{пол}$ ) = 10 %;

источники естественного освещения: нет.

В качестве источника искусственного освещения возьмем люминесцентные лампы.

Светильник: ЛСП 02 2x36 – КПД – 70 %; высота подвеса – 70 мм.

Лампы: люминесцентные лампы Philips TL-D36W (Т8 с цоколем G13 36 Вт)  $\Phi_{лампы} = 2975$  лм.

Светильник имеет следующие габаритные размеры: высота  $h_c = 0,158$  м, длина  $a_c = 1,24$  м, ширина  $b_c = 0,22$  м.

Определим количество необходимых светильников для данного помещения.

Находим количество светильников в одном ряду ( $N$ ) по формуле(29):

$$N = \frac{(A - 2 \cdot L/3)}{a_c}, \quad (29)$$

где  $L$  – расстояние между рядами светильников, рисунок 24, м;

$A$  – длина помещения, м;

$a_c$  – длина светильника, м.

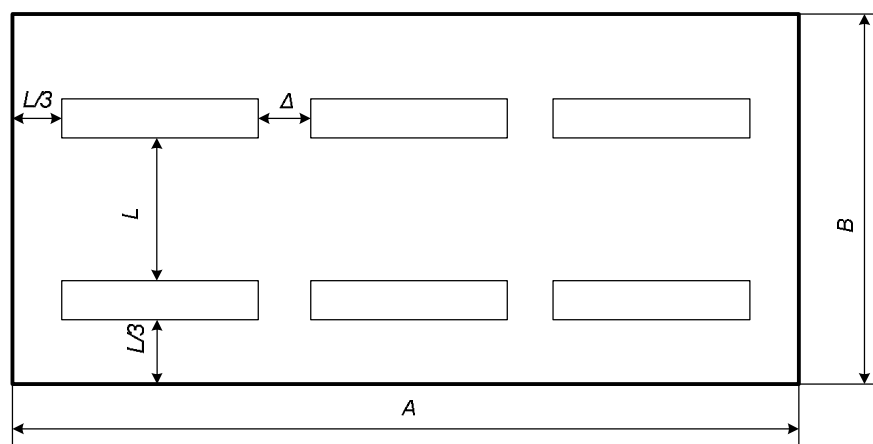


Рисунок 24 – Расположение системы общего освещения

Расстояние между рядами светильников определяем по формуле (30):

$$L = l \cdot h, \quad (30)$$

где  $h$  – высота от светильника до пола, рисунок 25, м;

$l$  – невыгоднейшее расстояние между светильниками,  $l = 1,1$  м.

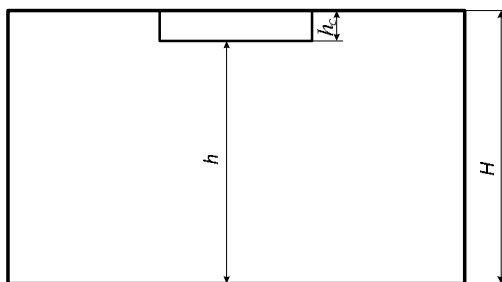


Рисунок 25 – Обозначение высот в помещении

Высоту от светильника до пола находим по формуле (31):

$$h = H - h_c, \quad (31)$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_c$  – высота светильника, м;

Подставляем исходные данные в формулу (31) и находим высоту от светильника до рабочей поверхности.

$$h = 3,2 - 0,072 = 3,128 \text{ м}$$

Далее по формуле (32) находим расстояние между рядами светильников:

$$L = 1,1 \cdot 3,128 = 3,44 \text{ м} \quad (32)$$

После этого мы можем рассчитать количество светильников в одном ряду, по формуле (33):

$$N = \frac{(8 - 2 \cdot 3,44 / 3)}{0,68} = 4,62 \approx 4 \quad (33)$$

Расстояние между светильниками в ряду ( $\Delta$ ), определим по формуле:

$$\Delta = \frac{A - (2 \cdot L / 3 + N \cdot a_c)}{2} = \frac{8 - (2 \cdot 3,44 / 3 + 4 \cdot 1,235)}{2} = 0,38 \text{ м} \quad (34)$$

Рассчитаем число рядов светильников по формуле(35):

$$n_p = B / L = 6 / 3,44 = 1,7 \quad (35)$$

Примем число рядов равным двум (округлим в большую сторону до ближайшего целого).

Таким образом, общее число светильников равно 8, в каждом из которых находится по две лампы, т.е. всего необходимо 16 ламп.

Схема размещения светильников в помещении представлена на рисунке 26.

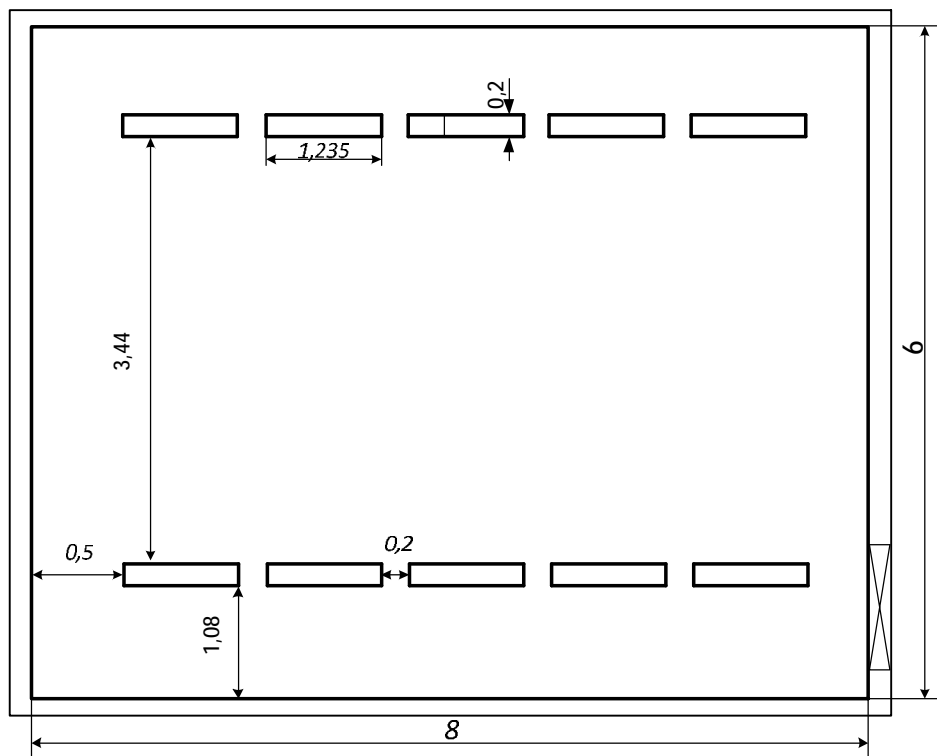


Рисунок 26 – Схема размещения светильников

Определяем требуемое освещение.

В соответствии с СНиП23-05-95 минимальная допустимая освещенность 300 люкс, возьмем это значение расчета.

Определение коэффициента запаса для заданных производственных условий: помещения общественных и жилых зданий с нормальными условиями среды  $k=1,3$ . Этот коэффициент учитывает запыленность светильников и оконного остекления.

Определяем индекс освещенности помещения, по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{48}{3,128 \cdot (8 + 6)} = 1,09, \quad (36)$$

где  $S$  – площадь помещения, м.

Определение коэффициента использования светового потока.

Световой поток ( $F$ ) определяется по формуле (37):

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot h}, \quad (37)$$

где  $E$  – минимальная освещенность рабочей поверхности  $E = 300$ лк;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения  $Z = 1,1$ ;

$n$  – число ламп;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока  $\eta$  находится по таблице с помощью индекса освещенности помещения, также необходимо знать тип светильника и отражающую способность стен, пола и потолка. Коэффициент использования светового потока для нашего помещения равен 23 %, находим по рисунку 27.

ЛСП 02-2x36-002; ЛСП 02-2x58-002								
Потолок	80	80	80	70	50	50	30	0
Стены	80	50	30	50	50	30	30	0
Пол	30	30	10	20	10	10	10	0
0,60	55	38	30	36	34	30	32	26
0,80	64	45	38	44	42	39	38	36
1,00	66	50	45	50	47	44	43	39
1,25	71	59	49	55	54	49	48	47
1,50	76	64	56	60	55	53	54	47
2,00	79	69	60	62	60	56	58	54
2,50	79	71	62	67	62	60	59	57
3,00	82	77	64	68	64	62	62	60
4,00	83	79	66	72	65	66	64	59
5,00	84	79	69	71	66	66	65	61

Рисунок 27 – Определение коэффициента светового потока

Подставляя численные значения в формулу (37), получим световой поток:

$$F = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 48 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,45} = 2860 \text{ лм} \quad (38)$$

Проверяем соответствие полученного светового потока, со световым потоком выбранной лампы

Расхождение светового потока  $F$ -расчетного и  $F_0$ -действительного должно быть в пределах:

$$20 \% \geq (F - F_0) / F_0 \geq -10 \% , \quad (39)$$

$$(2860 - 2975) / 2975 \geq -10 \% = -3,9 \% \geq -10 \%$$

Полученный световой поток  $F$  немного отличается от светового потока выбранной лампы, но находится в пределах нормы.

Определяем электрическую мощность, потребляемую системой освещения:

$$P_c = P_l \cdot n = 16 \cdot 36 = 576 \text{ Вт}, \quad (40)$$

где  $P_l$  – мощность одной лампы  $P_l = 36 \text{ Вт}$ ;

$n$  – число ламп.

Проведем контрольный расчет освещенности по следующей формуле:

$$E = \frac{F_d \cdot N_l \cdot h \cdot \dots}{S \cdot k \cdot Z}, \quad (41)$$

где  $N_l$  – общее число ламп в помещении  $N_l = 16$ .

$$E = \frac{2975 \cdot 16 \cdot 0,45}{48 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 312,1 \text{ лк} \quad (42)$$

Таким образом, выполняется неравенство  $E_{\text{мин}} < E$ , т.е. минимальная освещенность больше минимальной нормируемой, следовательно, расчет проведен верно.

Общая система искусственного освещения: 16 ламп по 36 Вт, т.е. 8 светильников расположенных в 2 ряда.

В существующей электродотельной установлено 9 светильников, 8 из которых предназначены для обычного освещения, 1 для аварийного.

### 3.3 Экологичность

Электродотельная относится к экологически чистым производствам. Так как при её работе отсутствуют опасные факторы загрязнения окружающей среды, такие как выбросы в атмосферу и загрязнение сточных вод. Появления электрических полей промышленной частоты напряженность больше 5 кВ/м также не происходит, т.к. котельная работает от электросети 0,4 кВ.

### 3.4 Чрезвычайные ситуации

В соответствии с правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий (РД 153.-34.0-03.301-00) к проектируемой электростанции предъявлены следующие требования:

*Требования к пожарной безопасности.*

Все ИТР, рабочие и служащие должны проходить подготовку по пожарной безопасности в целях приобретения и углубления пожарно-технических знаний об опасности технологического процесса, навыков в использовании имеющихся средств пожарной защиты, умения безопасно и правильно действовать при возникновении пожара и оказывать первую помощь пострадавшим.

Все ИТР, рабочие и служащие, а также лица, принятые на временную работу, учащиеся и студенты, проходящие производственное обучение (практику), должны пройти вводный инструктаж по пожарной безопасности.

Вводный инструктаж проводит специалист объектовой пожарной охраны, а при ее отсутствии - назначенный приказом по предприятию специалист или начальник структурного подразделения, принимающий нового работника. Вводный инструктаж по пожарной безопасности допускается проводить одновременно с вводным инструктажем по охране труда.

*Требования пожарной безопасности к помещениям.*

Противопожарные системы и установки (противодымная защита, средства пожарной автоматики) помещений, зданий и сооружений должны постоянно содержаться в исправном рабочем состоянии.

Не разрешается проводить работы на оборудовании, установках и станках с неисправностями, могущими привести к пожару.

При эксплуатации эвакуационных путей и выходов запрещается загромождать их различными материалами, изделиями, оборудованием мусором и другими предметами, а также забивать двери эвакуационных выходов.

*Требования пожарной безопасности к электрооборудованию.*

Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях, в которых по окончании рабочего времени отсутствует дежурный персонал, должны быть обесточены. Под напряжением должны оставаться дежурное освещение, по-



жарная и охранная сигнализация. Другие электроустановки могут оставаться под напряжением, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

Запрещается пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями; обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами, а также эксплуатировать светильники со снятыми колпаками, предусмотренными конструкцией светильника.

Напряжение к электроустановкам электростанции подается по кабельным линиям, которые представляют особую пожарную опасность. Наличие особого горючего изоляционного материала, вероятных источников зажигания в виде электрических искр и дуг, разветвленность и труднодоступность делают кабельные линии местом наиболее вероятного возникновения и развития пожара.

Эксплуатация электростанции связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ при которых возникает дополнительная пожарная опасность, что требует принятия соответствующих мер пожарной профилактики.

Устройство котельных установок должно отвечать техническим требованиям взрывобезопасности.

При возникновении пожара в котельном отделении котел немедленно должен быть остановлен, если огонь или продукты горения угрожают жизни обслуживающего персонала, а также если имеется непосредственная угроза повреждения оборудования, цепей управления и защит котла.

Котел также должен быть остановлен в аварийных случаях, предусмотренных требованиями ПТЭ.

#### *Требования к путям эвакуации.*

Эвакуационные пути должны обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях электростанции, через эвакуационные выходы. Ширина путей эвакуации в свету должна быть не менее 1 м, дверей не

менее 0,8 м. Высота прохода на путях эвакуации должна быть не менее 2 м. Наружные эвакуационные двери зданий не должны иметь запоров, которые не могут быть открыты изнутри без ключа.

Наличие средств сигнализации. В помещении имеются потолочные дымовые датчики, подключенные в общую систему пожарной сигнализации, выведенной на центральный пульт, к которому также подключена охранная система здания.

Наличие средств пожаротушения. Помещение электродвигательной относится к классу пожаров:Е (пожары, связанные с горением электроустановок). В электродвигательной имеются огнетушители химические пенные ОХП-10 и углекислотные ОУ-5. Огнетушители имеются соответственно по два.

В помещении имеется план эвакуации, эвакуационные пути и выходы соответствуют нормам.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены основные аспекты безопасной работы разрабатываемой САР электродвигательной. Проанализировано соответствие нормам и правилам безопасности. Рассчитаны система общего искусственного освещения, обеспечивающая минимально допустимый уровень освещенности электродвигательной, и системы защитного заземления.

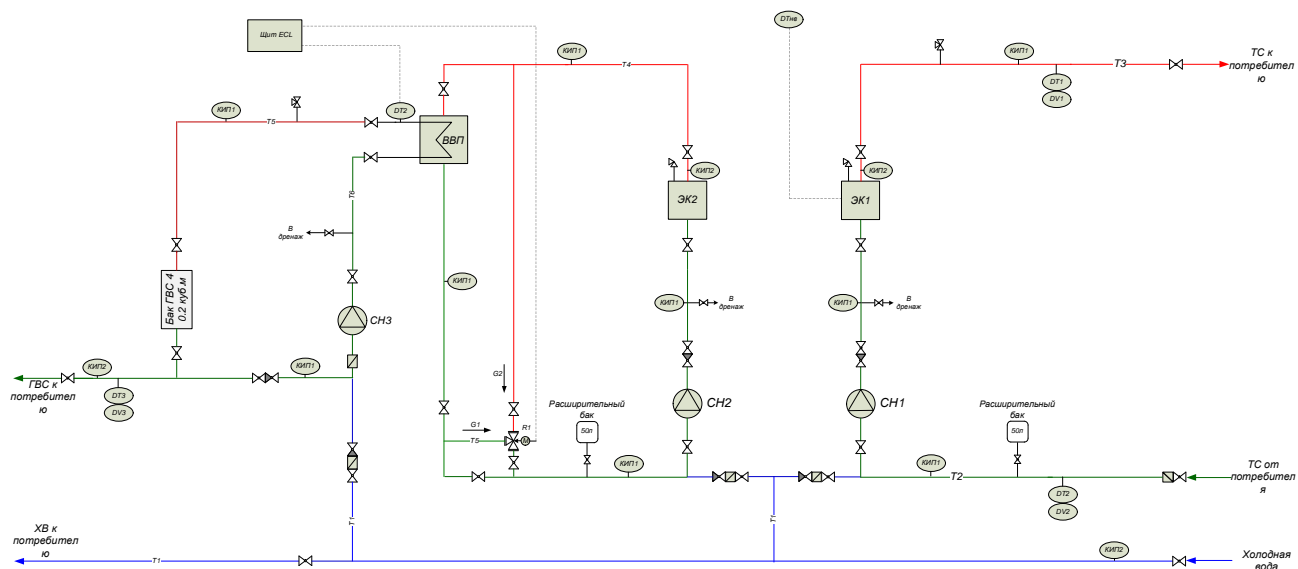
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была рассмотрена реально существующая схема автоматизации систем тепло- и водоснабжения жилого здания. Данные принципы были успешно внедрены и используются по сегодняшний день. Основной целью автоматизации было уменьшения влияния человеческого фактора на работу всей системы в целом. В работе были рассмотрены и выбраны наиболее подходящие виды электрических котлов. Описана схема автоматизации. Приведены принципиальные электрические схемы и схемы подключения электроприборов, щитов управления. В работе присутствуют выводы о безопасности системы и ее экологичности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) CANopenJUMOCANtransp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jumo.net> – 16.05.2014
- 2) CANopenJUMOCANtransp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jumo.net> – 17.05.2014
- 3) CANopenJUMOCANtranspT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jumo.net> – 17.05.2014
- 4) Каталог насосов Wilo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.wilo.ru/glavnaja-stranica/produkcija/otoplenie/otoplenie/.U52Cdf1\\_s6w](http://www.wilo.ru/glavnaja-stranica/produkcija/otoplenie/otoplenie/.U52Cdf1_s6w) – 06.06.2014
- 5) Котлы электрические водогрейные КЭВ электродные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stemi.ru> – 06.05.2014
- 6) Логический контроллер M238 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> – 16.05.2014
- 7) Модули ЦПУ серии CJ1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://industrial.omron.ru> – 16.05.2014
- 8) Навесные шкафы SE со сплошной дверью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dkc.ru> – 24.04.2014
- 9) Насосы Grundfos TP, TPE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.grundfos.com/products/find-product/tp-tpe.html> – 24.05.2014
- 10) Платформа автоматизации Modicon M340 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> – 16.05.2014
- 11) Правила устройства электроустановок (шестое и седьмое издание): ПУЭ. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2011. – 465 с.
- 12) Преобразователи расхода электромагнитные ПРЭМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teplocom-sale.ru> – 17.05.2014
- 13) Преобразователи частоты Altivar 71 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> – 16.05.2014

- 14) Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С.Ктоев. М.: Энергоиздат, 1990, 464 с.
- 15) Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х.Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.: ил.
- 16) Руководство по установке и использованию Back-UPS ® BX800CI-RS/BX1100CI-RS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> – 24.04.2014
- 17) Самигулина З.И. Объектно-ориентированное программирование. Методические указания к выполнению лабораторных работ (для студентов специальности 050702 – «Автоматизация и управление»). Алматы: КазНТУ, 2012. – 49 с
- 18) Система распределённого ввода/вывода Modicon STB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> – 10.05.2014
- 19) Судаков, Г.В. Экономическая эффективность внедрения информационных автоматизированных систем и продуктов : учебное пособие. / Г.В. Судаков. – Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2006. – 152 с.
- 20) Экономика и управление энергетическими предприятиями/ под ред. Н.Н. Кожевникова. – М.: Академия, 2004. – 432 с.



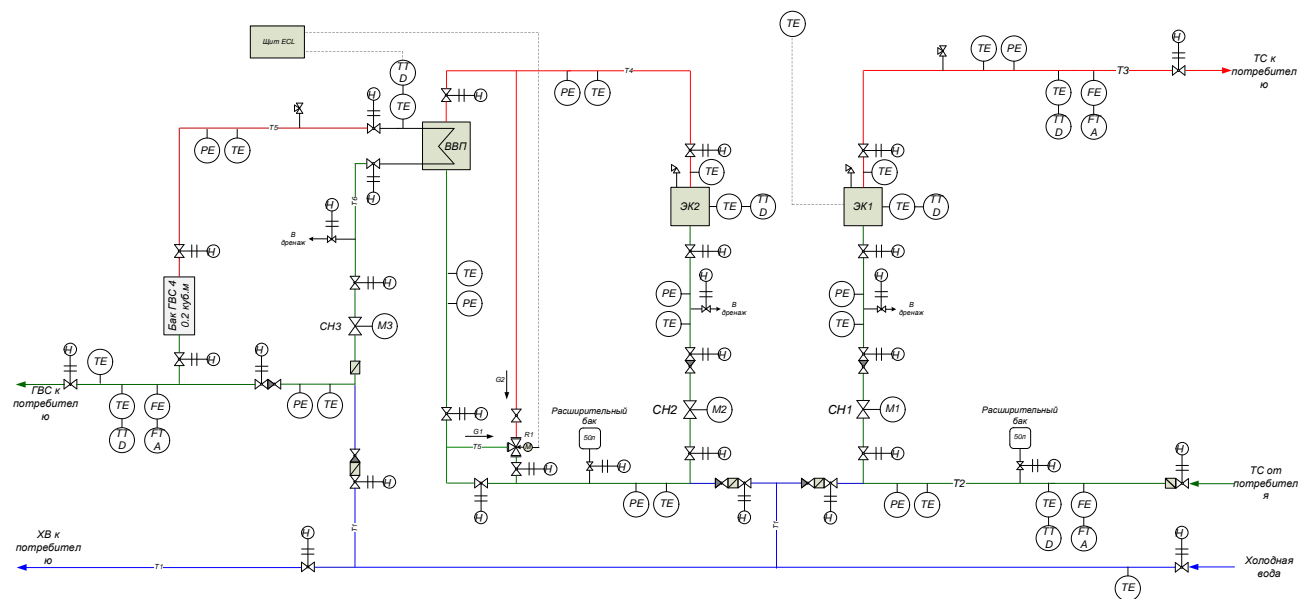
Технические данные КИП

№	Обозначение	Наименование	Диапазон измерения
1	КИП1	Термоманометр ТМТБ-4	0 - 150°C / 0 - 1 МПа
2	КИП2	Термометр	0 - 150°C

ВКР.094109.15.03.04Сх				Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Чернов А.Р.	Подп.	Дата	Д		
Провер.	Штыкин М.Д.					
Н.Контр.				Лист 1	Листов 6	
Утв.	Осиповко А.А.			АМГУ гр.241		кафедра АППиЭ

Однолинейная схема питания электрокотельной

Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.

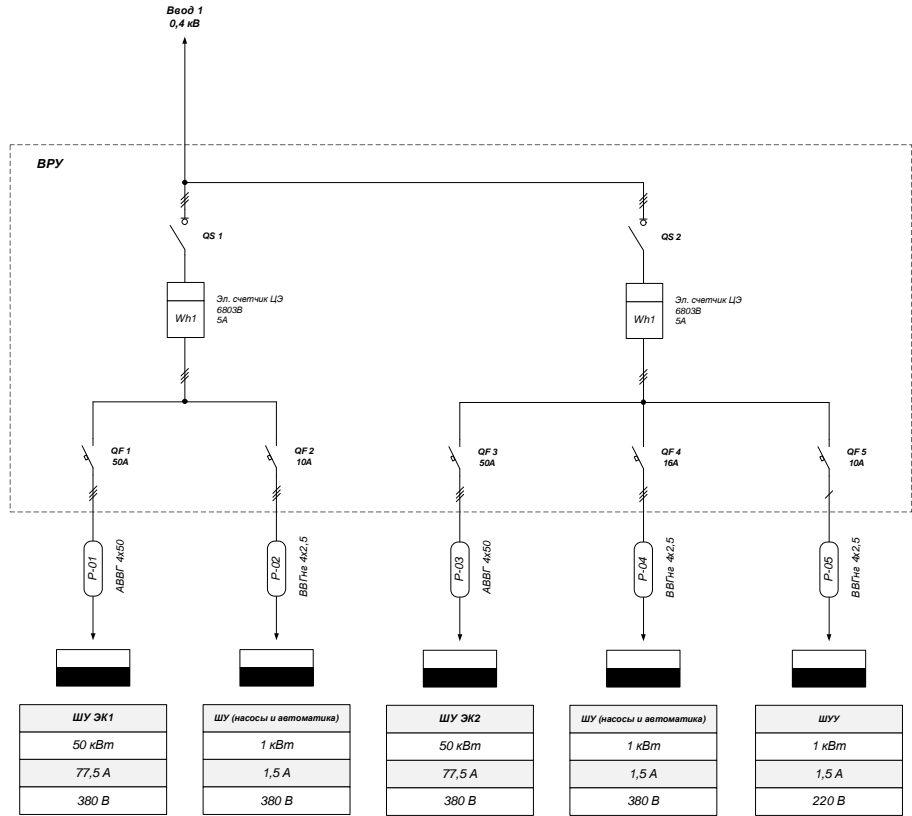


ВКР.094109.15.03.04Сх				Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Чернов А.Р.	Подп.	Дата	Д		
Провер.	Штыкин М.Д.					
Н.Контр.	Безугу И.С.			Лист 1	Листов 6	
Утв.	Осиповко А.А.			АМГУ гр.241		кафедра АППиЭ

Однолинейная схема питания электрокотельной

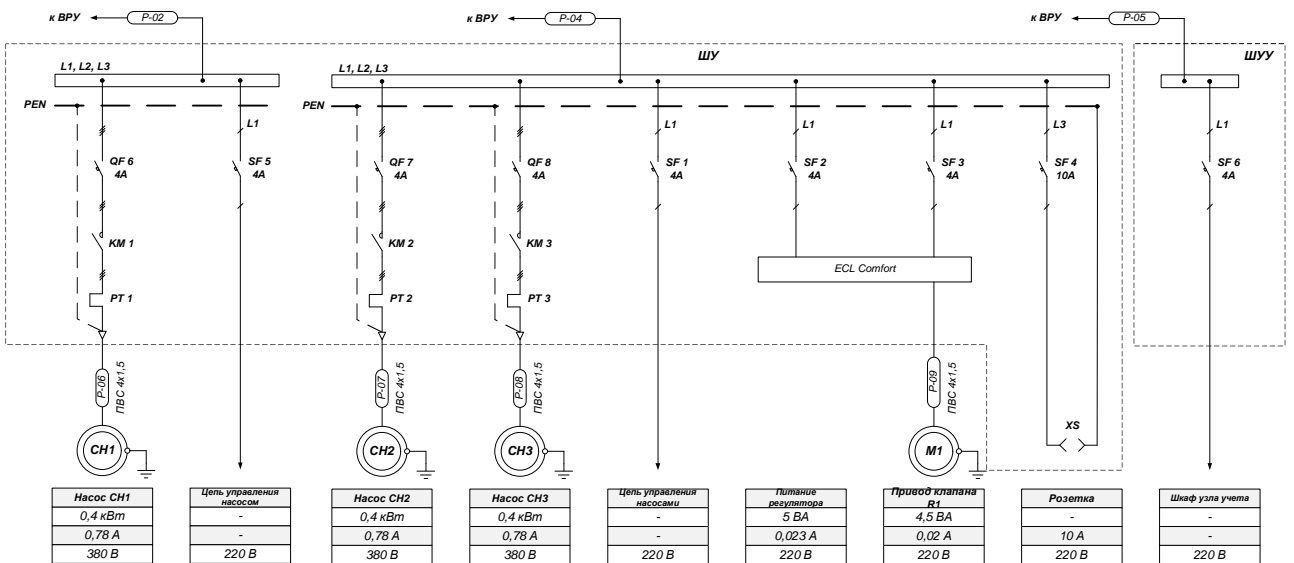
Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.

Номер кабеля (существующий)
Номер кабеля
Рубильник
Трансформатор тока, счетчик эл. энергии
Плавкая вставка
Трансформатор тока, автоматический выключатель
Номер, тип, марка, сечение кабеля
Потребитель
Наименование
Р ном. (кВт)
I ном. (А)
U ном. (В)

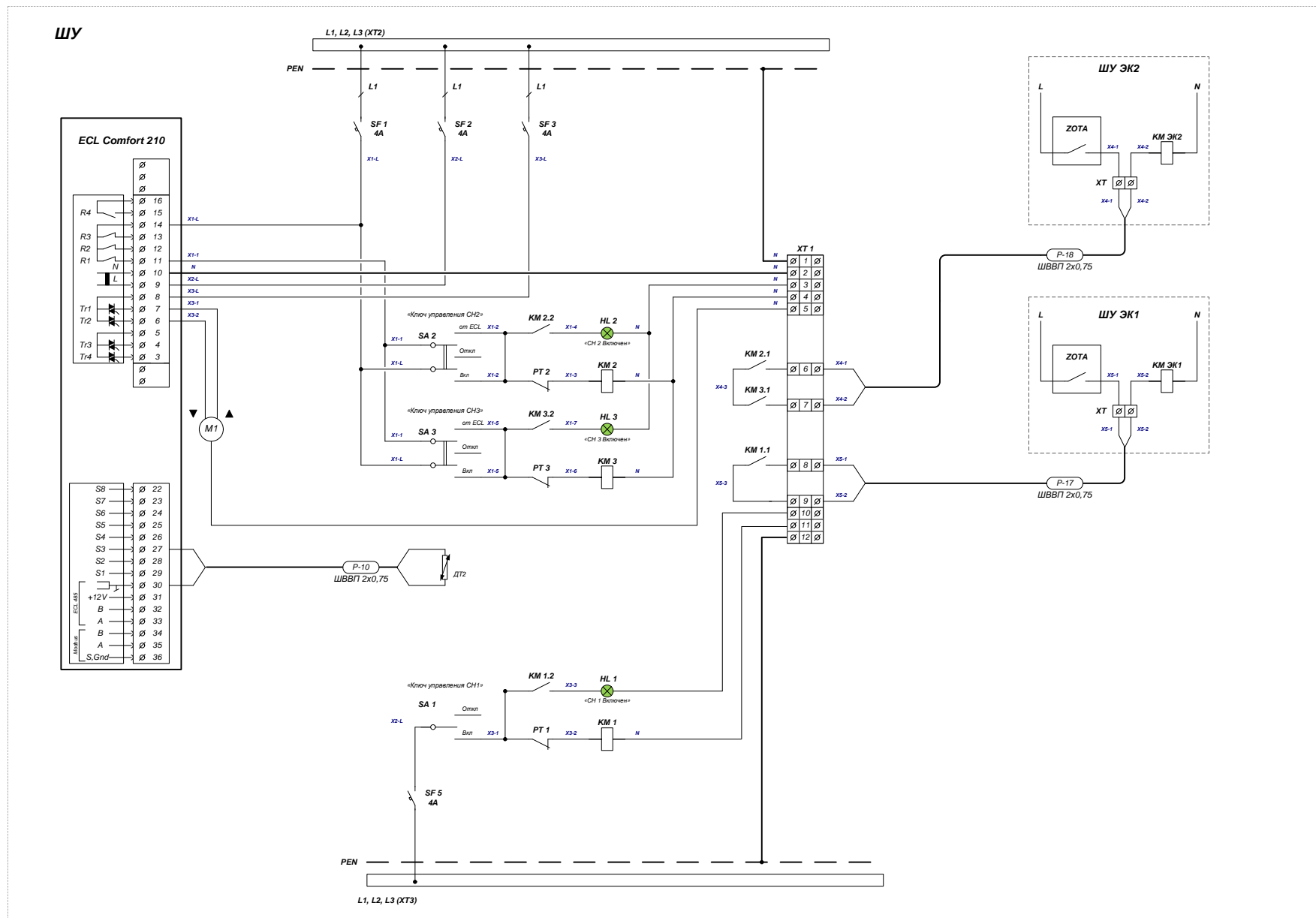


ВКР.094109.15.03.04Сх		
№ Докум.	Подп.	Дата
Разраб. Чирков А.Р.		
Провер. Штальман М.Д.		
И.Контр. Бобруев Н.С.		
Утв. Охлопков И.А.		
Принципиальная схема АВР и принципиальные схемы насосов		
Литера	Масса	Масштаб
Д		
Лист 2 Листов 6		
Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Себедевский.		
АМГУ ар.241 кафедра АППиЭ		

Общая шина
Автоматический выключатель
Пускатель
Регулятор
Тепловое реле
Номер, тип, марка, сечение кабеля
Обозначение потребителя
Наименование
Р ном.
I макс.
U ном.

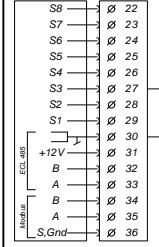
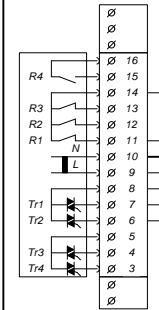


ВКР.094109.15.03.04Сх		
№ Докум.	Подп.	Дата
Разраб. Чирков А.Р.		
Провер. Штальман М.Д.		
И.Контр. Бобруев Н.С.		
Утв. Охлопков И.А.		
Принципиальная схема АВР и принципиальные схемы насосов		
Литера	Масса	Масштаб
Д		
Лист 2 Листов 6		
Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Себедевский.		
АМГУ ар.241 кафедра АППиЭ		



ШУ

ECL Comfort 210

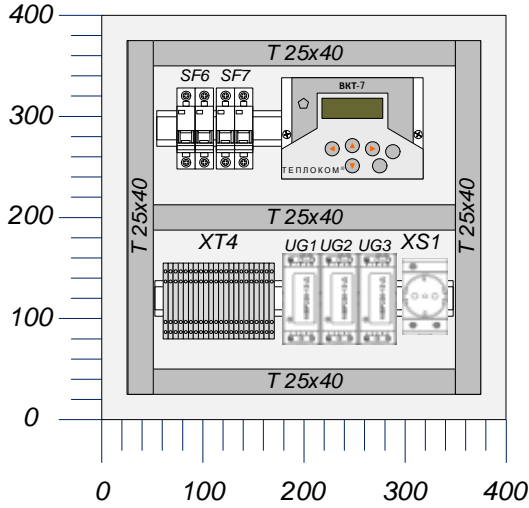


				БКР.094109.15.03.04Сх		
	№ Докум.	Подп.	Дата	Схемы шкафа электрокотла		
Разраб.	Чирков А.Р.					
Провер.	Шилькин М.Д.			Лист 3	Листов 6	
Н.Контр.	Бобур Н.С.			Автоматизация систем тепло-и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.		
Утв.	Давыденко Л.А.			АМГУ в.р.241 кафедра АППиЭ		

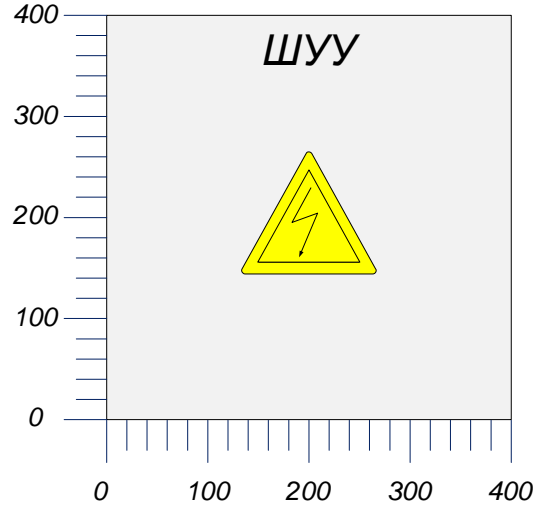


# ШУУ

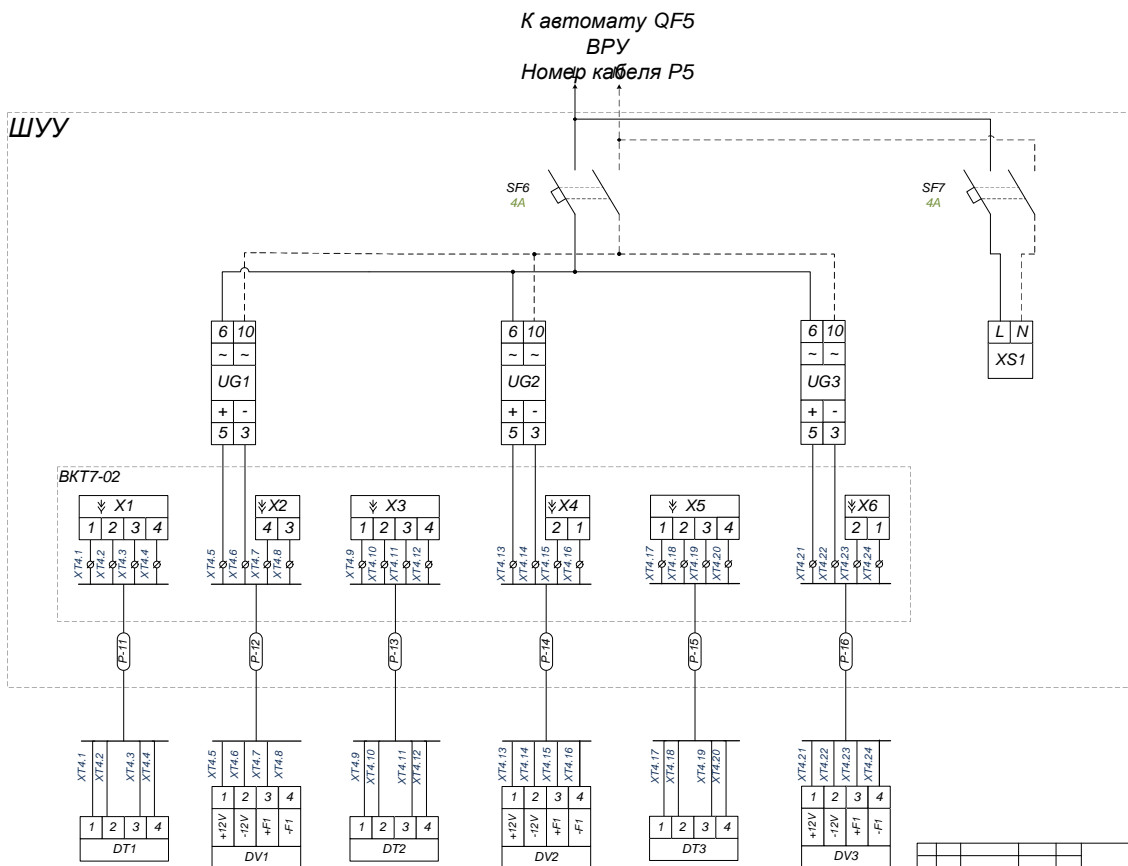
Вид спереди. Дверь снята



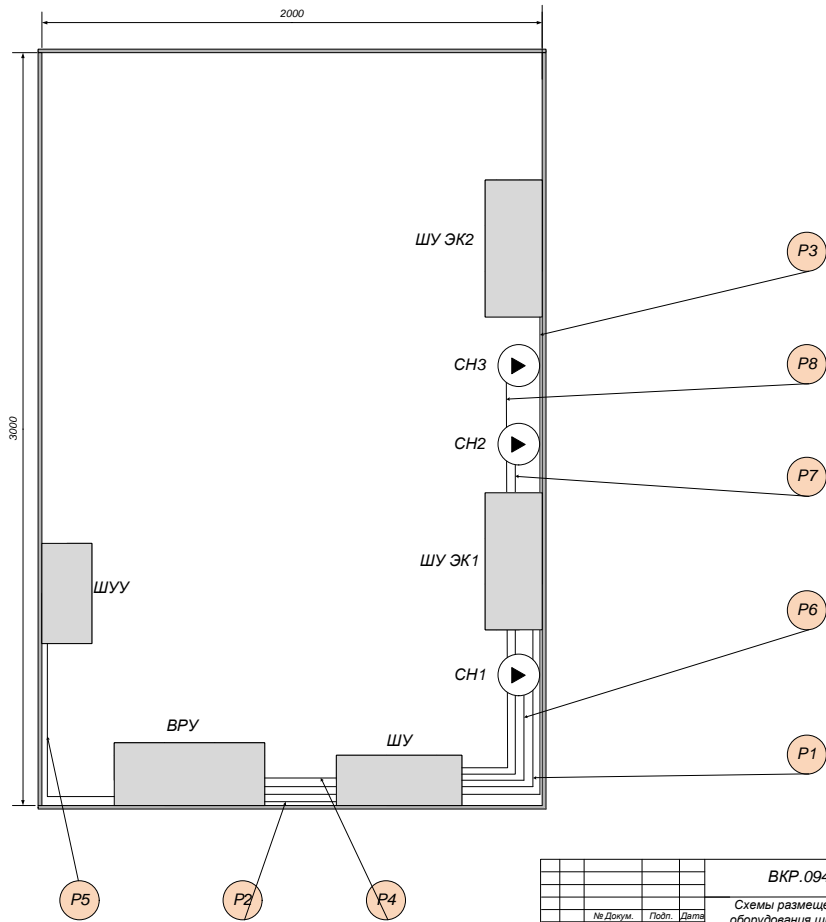
Главный вид



				ВКР.094109.15.03.04Сх		
	№ Докум.	Подп.	Дата	Схема питания шкафа управления, сетевая схема и схемы подключения контроллера	Литера	Масштаб
Разраб.	Чиркова А.Р.				Д	
Провер.	Шилькин М.Д.			Листов 6		
Н.Контр.	Евзрун Н.С.			АМГУ гр.241		
Утв.	Овчинников А.А.			кафедра АППиЭ		



				ВКР.094109.15.03.04Сх		
	№ Докум.	Подп.	Дата	Схема питания шкафа управления, сетевая схема и схемы подключения контроллера	Литера	Масштаб
Разраб.	Чиркова А.Р.				Д	
Провер.	Шилькин М.Д.			Листов 6		
Н.Контр.	Евзрун Н.С.			АМГУ гр.241		
Утв.	Овчинников А.А.			кафедра АППиЭ		

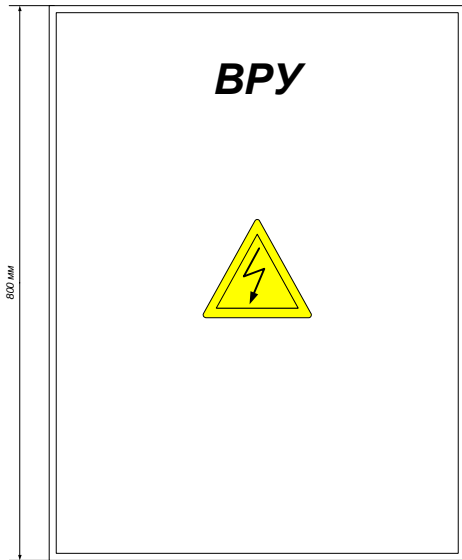


**Обозначения:**  
 ШУ ЭК1- электрощит ТС  
 ШУ ЭК2- электрощит ГВС  
 ВРУ- вводно-распределительное устройство  
 ШУ- шкаф управления  
 ШУУ- шкаф узла учёта  
 СН1, СН2, СН3 - сетевые насосы

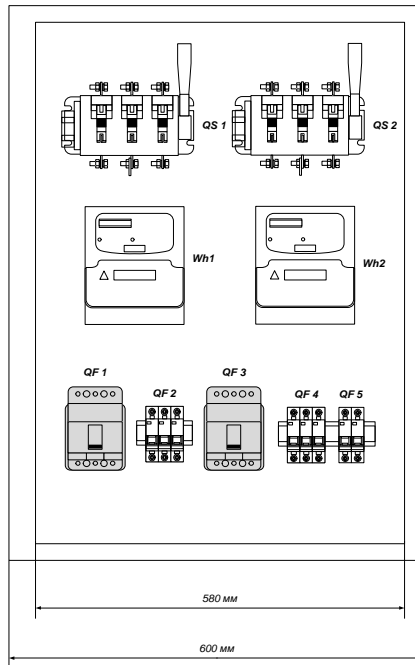
**P1, P4- кабель ВВГ 3х120 1х70**  
**P2- кабель ПВС 4х2,5**  
**P3- провод ШВВП 2х0,75**  
**P5, P6, P7- кабель ПВС 4х1,5**

ВКР.094109.15.03.04Сх				Литера	Масса	Масштаб
Схемы размещения оборудования шкафа управления и электрощитовой				Д		
Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.				Лист 5	Листов 6	
Разраб.	Чирков А.Р.	Подп.	Дата	АМГУ эр.241 кафедра АПТиЭ		
Провер.	Штыкин М.Д.					
Н.Контр.	Бодунов Н.С.					
Утв.	Ольховский Л.А.					

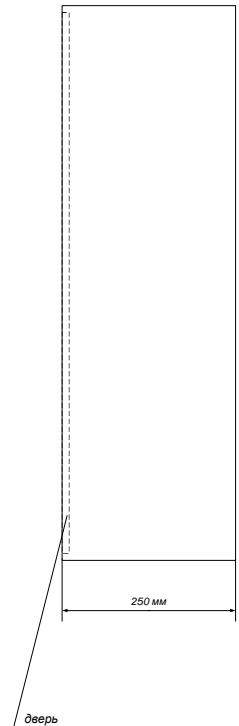
Главный вид



Вид спереди. Дверь снята



Вид сбоку

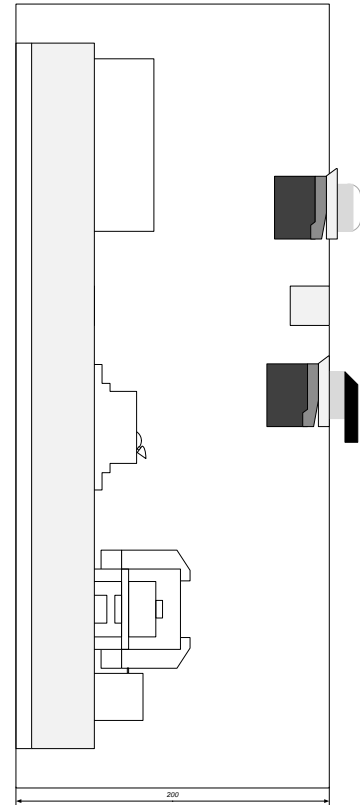
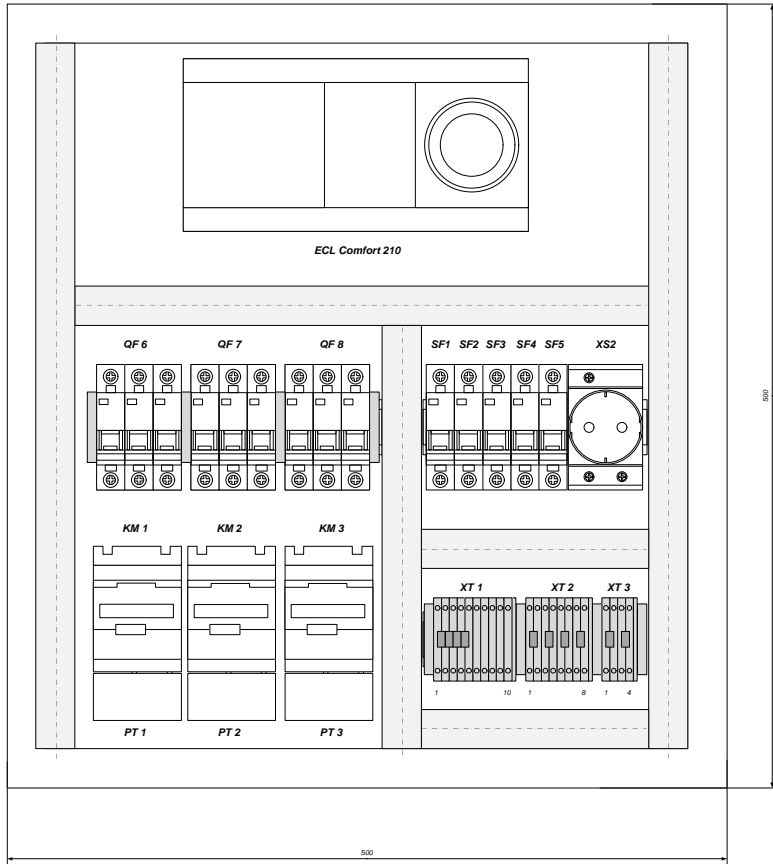


Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во
<i>Штукатурка</i>			
1	ВРУ	Шкаф навесной с монтажной панелью ШРНМ-4 800х600х250 IP54	1 (шт.)
<i>Электротехническое оборудование и материалы</i>			
2	QS 1, QS 2	Выключатель-разъединитель 100 А ВР 32-35В 31100	2 (шт.)
3	Wh 1, Wh 2	Счетчик эл. энергии «Энергомера» ЦЭ 6803В (5-7,5А) 3ф.	2 (шт.)
4	QF 1, QF 3	Автоматический выключатель ВА-99/125 100А	2 (шт.)
5	QF 2	Автоматический выключатель 3п ВА 47-63 С16А	1 (шт.)
6	QF 4	Автоматический выключатель 3п ВА 47-63 С10А	1 (шт.)
7	QF 5	Автоматический выключатель 2п ВА 47-63 С10А	1 (шт.)

ВКР.094109.15.03.04Сх				Литера	Масса	Масштаб
Схемы размещения оборудования шкафа управления и электрощитовой				Д		
Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.				Лист 5	Листов 6	
Разраб.	Чирков А.Р.	Подп.	Дата	АМГУ эр.241 кафедра АПТиЭ		
Провер.	Штыкин М.Д.					
Н.Контр.	Бодунов Н.С.					
Утв.	Ольховский Л.А.					

Вид спереди. Дверь снята

A-A



				<b>БКР.094109.15.03.04Сх</b>		
				Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Чирков А.Р.	Подп.	Дата	Д		
Провер.	Штыкин М.Д.			Лист	Листов	
И.Контр.	Бобузе Н.С.			АМГУ ар.241		
Утв.	Клименко И.А.			кафедра АППиЭ		

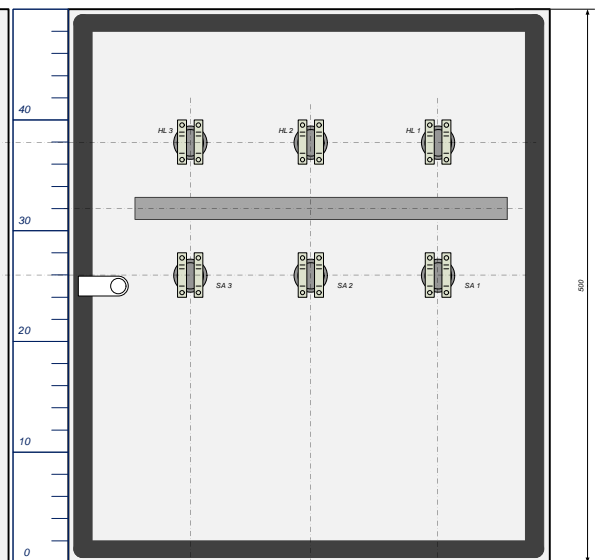
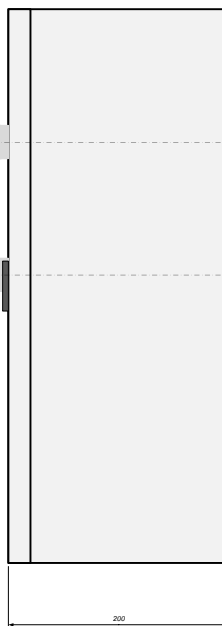
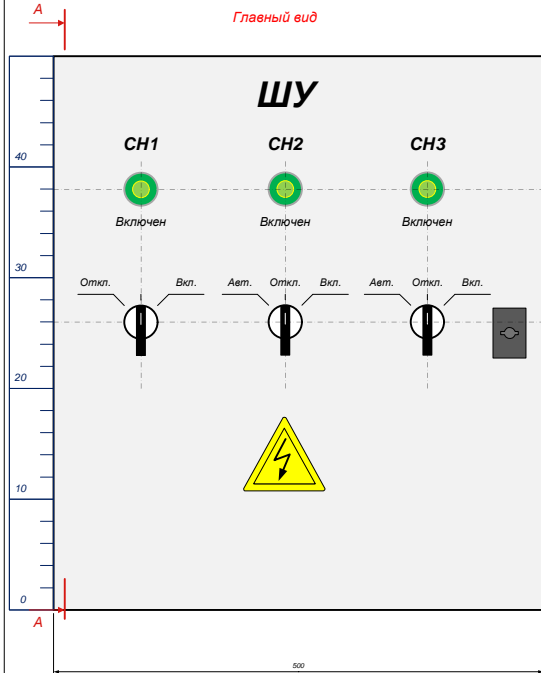
Схемы шкафа узла учета

Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.

Главный вид

Вид сбоку

Дверь. Вид сзади



				<b>БКР.094109.15.03.04Сх</b>		
				Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Чирков А.Р.	Подп.	Дата	Д		
Провер.	Штыкин М.Д.			Лист 6	Листов 6	
И.Контр.	Бобузе Н.С.			АМГУ ар.241		
Утв.	Клименко И.А.			кафедра АППиЭ		

Схемы шкафа узла учета

Автоматизация систем тепло- и водоснабжения жилого здания в городе Свободный.