

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное 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  
Профиль - Автоматизация технологических процессов и производств в  
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.А. Остапенко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизированная система управления центрального теплового  
пункта в г. Благовещенске Амурской области

Исполнитель  
студент группы 341-зсб \_\_\_\_\_ М.М. Мишин  
(подпись, дата)

Руководитель  
доцент, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ Н.М. Ожигова  
(подпись, дата)

Нормоконтроль  
профессор, д-р.техн. наук \_\_\_\_\_ О.В. Скрипко  
(подпись, дата)

Благовещенск 2017

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное 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  
Профиль - Автоматизация технологических процессов и производств в  
энергетике

УТВЕРЖДАЮ  
зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Остапенко А.А.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**З А Д А Н И Е**

К выпускной квалификационной работе студента Мишина Михаила Михайловича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система управления центрального теплового пункта в г. Благовещенске Амурской области.

(утверждена приказом от 23.11.16. № 2584 – уч. \_\_\_\_\_)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 08.02.2017г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

-ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»;

-учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) изучение объекта автоматизации ;

2) гидравлический и тепловой расчёт ИТП;

3) выбор технических средств;

4) техника безопасности.

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Схема принципиальная ИТП;

Лист 2: Схема автоматизации;

Лист 3: Схема электрического подключения приборов управления;

Лист 4: Узел управления с приборами автоматизации;

Лист 5: Схема принципиальная электрическая шкафа управления;

Лист 6: Схема монтажная шкафа управления;

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания 13.04.2016г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Ожигова Нина Михайловна, доцент, доцент, к.т.н.

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 13.04.2016г.

\_\_\_\_\_  
(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 71 страницу, 35 формул, 14 рисунков, 7 таблиц.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, БЛОК УПРАВЛЕНИЯ,  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ  
КОНТРОЛЛЕР, ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС.

В работе исследованы функции автоматизации технологического процесса, разные способы решения задач автоматизации с применением серийно выпускаемых отечественной промышленностью автоматических регуляторов и приборов.

Объектом работы является технология автоматизации центрального теплового пункта.

Цель выпускной работы: разработка автоматизированной системы управления и регулирования центрального теплового пункта (ЦТП) в г. Благовещенске Амурской области.

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены схема технологического процесса и основное оборудование теплового пункта, выбраны в соответствии с Государственным реестром технические средства измерения и автоматизации в тепловых процессах.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007.

## СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	7
ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	10
1.1 Индивидуальный тепловой пункт – ИТП .....	10
1.2 Назначение системы .....	11
1.3 Основные решения принятые в проекте.....	13
1.4 Организация режима ограничения расхода и приоритетного регулирования.....	14
2 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА.....	17
2.1 Общие положения.....	17
2.2 Расчёт контура ввода теплосети.....	18
2.3 Расчёт системы отопления.....	19
2.4 Расчёт системы ГВС.....	20
2.5 Расчёт системы ХВС.....	22
3 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	23
3.1 Контроллер микропроцессорный ТРМ 32.....	23
3.2 Комплект термопреобразователей КТПТР-1.....	41
3.3 Регулирующий клапан отопления и ГВС.....	43
3.4 Циркуляционный насос для отопления.....	44
3.5 Циркуляционный насос для ГВС.....	47

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.....	49
4.1 Характеристика и анализ производственных опасных и вредных факторов.....	49
4.2 Безопасность.....	50
4.2.1 Заземление.....	55
4.2.2 Освещение.....	59
4.3 Экологичность.....	63
4.4 Чрезвычайные ситуации.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	68

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи;

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы;

ГОСТ 2.111-68 ЕСКД. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Обозначение графических материалов и правил нанесения их на чертеж;

ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи;

ГОСТ 3.1105-84 ЕСКД. Правила оформления документов общего назначения;

## ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

- ЦТП - центральный тепловой пункт;
- АСУ - автоматизированная система управления;
- КИП - контрольно измерительный прибор;
- ПЛК - программируемый логический контроллер;
- ЦН - циркуляционный насос;
- ТП - технологический процесс;
- ТС - термометр сопротивления;
- ГВС - горячее водоснабжение;
- ХВС – холодное водоснабжение;
- ШУ - шкаф управления;
- СШУА - совмещённый шкаф управления и автоматики;
- КЗР - клапан запорно-регулирующий;
- НСХ - номинальные статические характеристики;
- ПИД - пропорционально-интегрально-дифференциальный;



## 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.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы управления и регулирования центрального теплового пункта в г.Благовещенске Амурской области.

Для достижения поставленной цели необходимо реализовать следующие задачи:

- произвести выбор энергоэффективного оборудования на ЦТП. В данной задаче планируется, что насосы будут управляться с помощью частотных преобразователей;
- оптимизировать схему автоматизации;
- разработать принципиальную схему соединений;
- определить параметры управления ЦТП;
- предусмотреть меры техники безопасности на ЦТП;

# 1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

## 1.1 Центральный тепловой пункт – ЦТП

Тепловой пункт – комплекс устройств для присоединения систем теплоснабжения к тепловой сети и распределения теплоносителя по видам теплового потребления. Основным назначением теплового пункта является приём, подготовка теплоносителя и подача его в системы теплоснабжения, а также возврат использованного теплоносителя в тепловую сеть.

В тепловом пункте предусмотрено размещение оборудования управления и автоматизации, посредством которых осуществляется преобразование вида теплоносителя или его параметров, контроль параметров теплоносителя, регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты. Если тепловой пункт предназначен для одного здания, он называется индивидуальным тепловым пунктом (ИТП), а если теплоноситель подаётся для группы зданий, он называется центральным тепловым пунктом - ЦТП.

Центральные тепловые пункты подключены к двухтрубной тепловой сети от ТЭЦ. В них осуществляется подготовка сетевой воды и воды для горячего водоснабжения (ГВС) с параметрами, пригодными для непосредственного использования потребителями. Как правило, ЦТП рассчитаны на обслуживание городского микрорайона, жилого квартала или промышленного объекта [1].

Рабочие чертежи выполнены в соответствии с действующими нормами, правилами и стандартами.

Проектом предусматривается автоматизация работы системы отопления (СО) и горячего водоснабжения (ГВС). Для этого в проекте предложен микропроцессорный контроллер ТРМ 32 производства фирмы ОВЕН. Контроллер осуществляет сбор и обработку информации от датчиков температуры и выдает управляющие воздействия на исполнительные механизмы (ИМ), электродвигатели насосов и регулирующие клапаны.

В состав оборудования автоматики входят:

Совмещенный шкаф управления и автоматики (СШУА) с управляющим контроллером и пускозащитным оборудованием; датчик температуры на основе термосопротивлений ESM; регулирующие клапаны с электроприводом; центробежные насосы CO Magna.

## **1.2 Системы теплоснабжения и теплопотребления.**

Система теплоснабжения представляет собой совокупность взаимосвязанных источника теплоты, тепловых сетей и систем теплопотребления.

Система теплопотребления это комплекс теплопотребляющих установок с соединительными трубопроводами и тепловыми сетями.

Система регулирования обеспечивает поддержание температуры теплоносителя в системе отопления в соответствии с температурой наружного воздуха по температурному графику качественного регулирования. Такие графики Благовещенская ТЭЦ передаёт в тепловые пункты. Данный график также обеспечивает поддержание температуры воды в обратном сетевом трубопроводе на уровне, меньшем максимально допустимого значения, определяемого в соответствии с температурным графиком по температуре наружного воздуха.

Сезонную нагрузку составляют отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Расход теплоты на отопление является сезонной нагрузкой (рис.1), основное влияние на неё оказывает температура наружного воздуха. Поэтому графики расхода

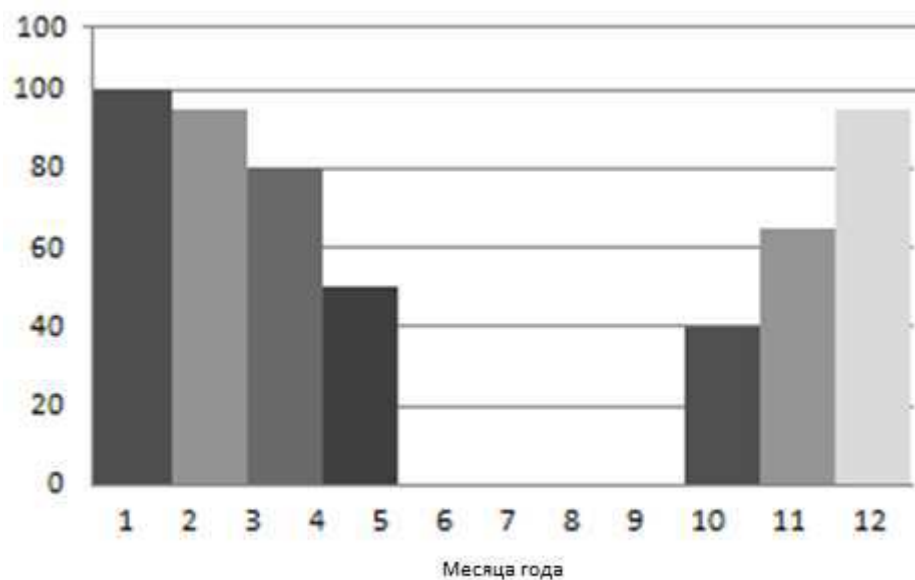


Рисунок 1- Годовой график расхода теплоты на отопление

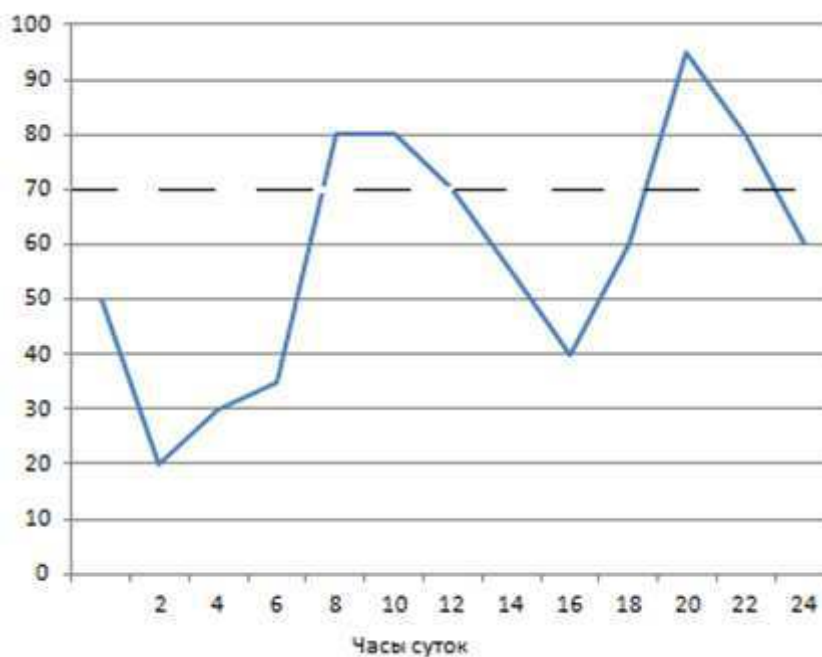


Рисунок 2- Суточный график расхода теплоты на ГВС

Нагрузкой теплового узла, кроме указанных систем, является система горячего водоснабжения (ГВС), которая относится к круглогодичной

нагрузке, а также системы вентиляции и кондиционирования. Система регулирования обеспечивает поддержание температуры в подающем трубопроводе ГВС на уровне заданной и ограничение температуры обратного теплоносителя. При выборе рациональной системы теплоснабжения, т.е. числа источников теплоснабжения для удовлетворения тепловой нагрузки района, необходимо учитывать экономические и местные условия. С ростом численности населения происходит непрерывная концентрация тепловой нагрузки, поэтому в настоящее время актуальна централизация теплоснабжения [3].

### **1.3 Основные решения, принятые в проекте.**

Система автоматики построена по модульному принципу. В состав модуля входят шкаф автоматики СШУА, регулирующие клапаны VB2 с приводами AMV20 и AMV33, датчики температуры серии ESMT и ESMU фирмы Danfoss.

Система управления строится по технологии прямого цифрового управления на базе микропроцессорных контроллеров ОБЕН ТРМ32 .

Регулирование осуществляется по ПИД закону, настройка качества регулирования производится изменением зоны пропорциональности и постоянной интегрирования.

С целью стабилизации общего расхода ЦТП, в системе регулирования организован режим ограничения расхода и режим приоритетного регулирования, путем перераспределения нагрузок между системами отопления и ГВС.

Ограничение температуры обратного теплоносителя производится по температуре наружного воздуха, в соответствии с температурным графиком. Когда значение температуры обратного теплоносителя превышает заданное предельное значение, контроллер автоматически изменяет температуру

подаваемого теплоносителя для получения оптимальной обратной температуры.

#### **1.4 Организация режима ограничения расхода и приоритетного регулирования.**

Приоритеты контуров регулирования отопления и ГВС реализуются в контроллере ТРМ 32.

Сигнал, соответствующий текущему потреблению теплоносителя, снимается с расходомера на подающем трубопроводе на входе в ЦТП и подключается на импульсные входы контура I (отопления) и контура II (ГВС).

Таблица 1 Контуров для отопления и ГВС

№	Номер строки	Содержание	Контур
1	114	Расход/энергия на импульс теплосчетчика	1,2
2	115	Диапазон и ед.измерения	1,2
3	112	Постоянная времени закона огр.	1,2
4	113	Постоянная времени фильтра	1,2
5	116,117	Верхняя и нижняя y-координата	1
6	33,31	Левая и правая x-координата	1
7	111	Уровень ограничения	2
8	110	Фактическое значение расхода	1,2

На рисунке приведены уровни ограничения для контуров отопления и ГВС в зависимости от наружной температуры:

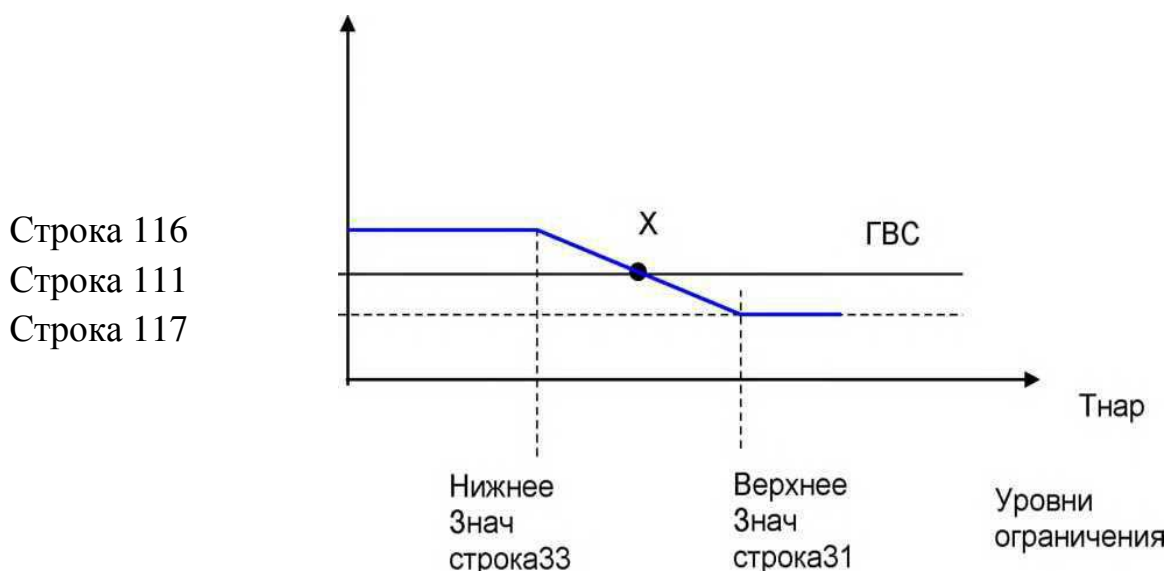


Рисунок 3 - Расход/энергия

Алгоритм работы режима ограничения расхода и приоритетного регулирования:

1. Если фактический уровень потребления расхода/энергии лежит ниже границ для обоих контуров, в обоих контурах поддерживаются заданные температурные режимы.

2. При возрастании потребления и при наружной температуре выше (правее) точки X, нарушается ограничение для контура отопления, что приводит к снижению задания по температуре подачи контура отопления. В контуре ГВС корректировка задания не производится.

3. При возрастании потребления и при наружной температуре ниже (левее) точки X, в первую очередь нарушается ограничение для контура ГВС, что приводит к снижению задания температуры подачи ГВС. В контуре отопления корректировка задания не производится.

Взаимное расположение кривых ограничения для обоих контуров зависит от установок в строках сервисного меню контроллера.

### 1.5 Указания по монтажу.

Монтаж выполнять в соответствии с требованиями чертежей и

инструкций предприятий-изготовителей. Все оборудование (щиты, шкафы, монтажные коробки, кабели и др.) должны быть промаркированы в соответствии с требованиями, изложенными в проектной документации. Шкаф автоматики установить на стене. Кабели проложить по лоткам, на открытых участках защитить гибкой гофрированной трубой. Датчик температуры наружного воздуха установить с северной стороны здания на высоте 3м от земли вдали от дверных и оконных проемов. Кабель к датчику температуры наружного воздуха проложить в гибкой гофрированной трубе. При проходе кабеля через стены устанавливать трубные закладные конструкции. Снаружи здания кабель проложить в стальной трубе.

#### **1.6 Квалификация персонала.**

Обслуживающий персонал, привлекаемый для работы с проектируемой системой автоматики, должен быть обучен и допущен к работе установленным порядком.

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

К обслуживанию системы автоматики допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Все электромонтажные работы выполняются с соблюдением «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей».



## 2 ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

### 2.1 Общие положения

Целью гидравлического расчета ЦТП является подбор оптимальных типоразмеров оборудования исходя из условия обеспечения требуемой гидравлической устойчивости и максимальной экономичности приобретаемого оборудования.

В качестве исходных данных при выполнении расчетов использовались материалы, представленные в условиях на проектирование, выданных заказчиком.

При определении суммарного сопротивления ЦТП складываются только значения сопротивлений последовательно подключенных контуров. Гидравлически независимые от тепловой сети контуры ГВС и ХВС также рассчитываются отдельно.

Располагаемый напор на вводе в ЦТП расходуется на потери в фильтре, узле учета тепловой энергии (УУТЭ), регуляторе перепада давления (РПД), регуляторе давления “после себя” (РДДС), регуляторе системы отопления (РСО), регуляторе системы ГВС (РГВС), запорных и обратных клапанах, теплообменнике и трубопроводах. При выполнении гидравлического расчета, потерями давления на трение в трубопроводах и арматуре можно пренебречь, поскольку при обеспечении скорости теплоносителя в пределах от 0.8 до 1.2 м/сек и незначительной протяженности трубопроводов потери будут несоизмеримо меньше потерь давления в местных сопротивлениях - регуляторах, фильтрах и проч. Диаметры фильтров, запорных и обратных клапанов принимались равными диаметрам трубопроводов.

За основу расчета при подборе типоразмера регулирующих клапанов принимается требуемое значение  $K^{nl}$  клапана, определяемое по формуле:

$$K_y^{np} = \frac{G_{KL}}{\sqrt{\Delta P_{кл}^{троб}}} \cdot 10, \text{ м.в.ст.}$$

где  $G_{кл.}$  - расход на клапане с учетом запаса 20%, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta P_{кл.}^{треб}$  - требуемое значение падения давления на клапане, м<sup>3</sup>/ч.

Далее, по спецификациям фирмы изготовителя подбирается значение  $Kvs$ , большее, либо равное требуемому значению  $K_v^{TR}$  клапана, после чего осуществляется поверочный расчет. В результате расчета подбираются регулирующие клапаны с необходимыми характеристиками, при этом фактические потери давления на клапанах определяются по формуле пересчета:

$$\Delta P_{кл} = \left( \frac{G_{кл}}{K_y} \right)^2 \Delta P_0, \text{ м.в.ст.}$$

где  $G_{кл.}$  - расход на клапане с учетом запаса 20%, м<sup>3</sup>/ч;

$Kvs$  - значение пропускной способности клапана, м<sup>3</sup>/ч.

Детальное описание методики расчета по каждому контуру приводится ниже.

## 2.2 Расчет контура ввода теплосети

Максимальный суммарный расчётный расход теплоносителя на вводе в ИТП определяется по формуле:

$$G_{mv} = \frac{Q_{o\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} + \frac{Q_{h\max}}{c(\tau_3 - \tau_4)}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды, 1Ккал/кг °С;

$\tau_1$  - расчетная температура в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

$\tau_2$  - расчетная температура в обратном трубопроводе тепловой сети, °С;

$\tau_3$  - температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температуры воды, °С;

$\tau_4$  - температура после водоподогревателя горячего водоснабжения, подключенного к тепловой сети по параллельной схеме, °С;

$Q_{o\max}$  - максимальный тепловой поток на отопление, Гкал/ч;

$Q_{h\max}$  - максимальный тепловой поток на ГВС, Гкал/ч.

Т.к. РПД устанавливается на вводе теплосети, то расход на клапане равен

расходу теплоносителя на вводе в ИТП  $G_{кл} = G_{ТС}$ . Тогда потери давления на клапане РПД определяются по формуле:

$$\Delta P_{кл} = \left( \frac{G_{кл}}{K_y} \right)^2 \Delta P_0, \text{ м.в.ст.}$$

Результаты данного расчета, равно как и результаты расчета конкретного РПД, фильтров и проч. арматуры, представлены в приложении А.

### 2.3 Расчет системы отопления

Расчет системы отопления выполняется отдельно для внешнего и внутреннего контура.

Расчет внешнего контура системы отопления.

Сопrotивление системы отопления внешнего контура складывается из сопротивления контура ввода теплосети и потерь давления в регулирующем клапане отопления. Суммарное сопротивление внешнего контура должно быть меньше располагаемого напора на вводе в ИТП на 2÷ 4 м.в.ст.

Расчётный расход теплоносителя на систему отопления по внешнему контуру определяется по формуле:

$$G_{mv} = \frac{Q_{o.max}}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды,  $1 \text{ Ккал/кг } ^\circ\text{C}$ ;

$\tau_1$  - расчетная температура в подающем трубопроводе тепловой сети,  $^\circ\text{C}$ ;

$\tau_2$  - расчетная температура в обратном трубопроводе тепловой сети,  $^\circ\text{C}$ ;

$Q_{o.max}$  - максимальный тепловой поток в системе отопления,  $\text{Гкал/ч}$ .

Расход на клапане РСО равен расходу теплоносителя на систему отопления по внешнему контуру  $G_{кл} = G_{от}^{внеш}$ . Тогда потери давления на клапане РСО определяются по формуле:

$$\Delta P_{PCO} = \left( \frac{G_{от}^{внеш}}{K_{vx}} \right)^2 \Delta P_0, \text{ м.в.ст.}$$

Расчет внутреннего контура системы отопления.

Расчётный расход теплоносителя во внутреннем контуре системы отопления определяется по формуле:

$$G_{от}^{внут} = \frac{Q_{оmax}}{c[(\tau_{11} - \tau_{21})]}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды,  $1\text{Ккал/кг } ^\circ\text{C}$ ;

$\tau_{11}$  - расчетная температура в подающем трубопроводе системы отопления,  $^\circ\text{C}$ ;

$\tau_{21}$  - расчетная температура в обратном трубопроводе системы отопления,  $^\circ\text{C}$ ;

$Q_{оmax}$  - максимальный тепловой поток в системе отопления,  $\text{Ккал/ч}$ .

Сопротивление внутреннего контура системы отопления складывается из сопротивления собственно системы отопления и сопротивления фильтра на обратном трубопроводе. Для преодоления гидравлического сопротивления внутреннего контура системы отопления и обеспечения подмеса сетевой воды устанавливаются циркуляционные насосы, характеристики которых, подбираются с запасом 10% по расходу и напору. Требуемые значения характеристик насосов, а также фактические максимальные значения характеристики конкретного насоса в данной рабочей точке представлены в приложении А. Марка насоса представлена в разделе ТМ, в спецификации оборудования.

## 2.4 Расчет системы ГВС

Расчет системы ГВС выполняется отдельно для греющего и нагреваемого контура.

Расчет греющего контура системы ГВС.

Сопротивление системы ГВС греющего контура складывается из сопротивления контура ввода теплосети, потерь давления в регулирующем клапане РГВС и сопротивления теплообменника по греющей стороне. Суммарное сопротивление греющего контура должно быть меньше

располагаемого напора на вводе в ИТП на 2÷4 м.в.ст.

Расчетный расход теплоносителя на ГВС по греющей стороне равен:

$$G^{cp}_{ГВС} = \frac{Q_{hmax}}{c(\tau_3 - \tau_4)}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды,  $1 \text{ Ккал/кг } ^\circ\text{C}$ ;

$\tau_3$  - температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температуры воды,  $^\circ\text{C}$ ;

$\tau_4$  - температура после водоподогревателя горячего водоснабжения, подключенного к тепловой сети по параллельной схеме,  $^\circ\text{C}$ ;

$Q_{hmax}$  - максимальный тепловой поток на систему ГВС,  $\text{Гкал/ч}$ .

Расход на клапане РГВС равен расходу теплоносителя на систему ГВС по греющему контуру  $G_{кл} = G_{ГВС}^{гр}$ . Тогда потери давления на клапане РГВС определяются по формуле:

$$\Delta P_{РГВС} = \left( \frac{G_{ГВС}^{gp}}{K_{vx}} \right)^2 \Delta P_0, \text{ м.в.ст.}$$

Результаты расчета клапана РГВС представлены в приложении А.

Расчет нагреваемого контура системы ГВС.

Расчетный расход воды в нагреваемом контуре системы ГВС равен:

$$G_{ГВС}^{gp} = \frac{Q_{hmax}}{c(\tau_{z.v.} - \tau_{x.v.})}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды,  $1 \text{ Ккал/кг } ^\circ\text{C}$ ;

$\tau_{z.v.}$  - температура в подающем трубопроводе ГВС,  $^\circ\text{C}$ ;

$\tau_{x.v.}$  - температура воды в водопроводе,  $^\circ\text{C}$ ;

$Q_{hmax}$  - максимальный тепловой поток в системе ГВС,  $\text{Гкал/ч}$ .

Сопротивление нагреваемого контура системы ГВС складывается из сопротивления собственно системы ГВС, сопротивления фильтра на обратном трубопроводе и потерь давления в теплообменнике по нагреваемой стороне. Для преодоления гидравлического сопротивления нагреваемого контура системы ГВС и обеспечения циркуляции горячей воды устанавливается

циркуляционный насос ГВС. Расход циркуляционного насоса определяется из расчета 30% от максимального расхода на ГВС. При подборе характеристик также учитывается 10% запас по расходу и напору.

Требуемые значения характеристики насоса ГВС, а также фактические максимальные значения характеристики конкретного насоса в данной рабочей точке представлены в приложении 1. Марка насоса представлена в разделе ТМ, в спецификации оборудования.

## **2.5 Расчет системы ХВС**

Сопротивление контура системы ХВС складывается из сопротивления фильтра и водомера на вводе водопровода, потерь давления в водомере подпитки системы ГВС, сопротивления теплообменника по нагреваемой стороне. Суммарное сопротивление контура ХВС должно быть не более 5÷7 м.в.ст.

### 3 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

#### 3.1 Контроллер микропроцессорный ТРМ 32



Рисунок 4 - Контроллер микропроцессорный ТРМ 32

Прибор выпускается согласно ТУ 3434-021-46526536-2000.

Прибор изготавливается в различных модификациях, отличающихся друг от друга конструктивным исполнением, входными устройствами, предназначенными для работы с термометрами сопротивления (датчиками), и наличием интерфейса RS-485.

Информация о варианте модификации указана в коде последних символов полного названия ТРМ32-Х.Х.Х и расшифровывается следующим образом:



Рисунок 5 - Расшифровка ТРМ32-Х.Х.Х

Конструктивное исполнение:

Щ4-корпус щитового крепления с размерами 96x96x145 мм, степенью защиты со стороны лицевой панели IP54 и степенью защиты корпуса - IP00;

Щ7-корпус щитового крепления с размерами 144x169x50,5 мм,

степенью защиты со стороны лицевой панели IP54 и степенью защиты корпуса - IP00.

Тип входных датчиков:

01 - подключение ТС с  $R_0 = 50$  Ом в корпусе Щ4:

- ТСМ Cu50 ( $\alpha = 0,00426 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) (заводская установка);
- ТСМ 50М ( $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 50П ( $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 50П ( $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

03 - подключение ТС с  $R_0 = 100$  Ом в корпусе Щ4:

- ТСМ Cu100 ( $\alpha = 0,00426 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) (заводская установка);
- ТСМ 100М ( $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 100П ( $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 100П ( $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

ТС - подключение ТС с  $R_0 = 100$  Ом и 50 Ом в корпусе Щ7:

- ТСМ Cu50 ( $\alpha = 0,00426 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) (заводская установка);
- ТСМ 50М ( $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП Pt50 ( $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 50П ( $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСМ Cu100 ( $\alpha = 0,00426 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСМ 100М ( $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП Pt100 ( $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- ТСП 100П ( $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

Интерфейс связи с ПК:

RS - наличие связи с ПК по интерфейсу RS-485;

при отсутствии - без интерфейса связи.

$R_0$  (номинальное сопротивление ТС) - нормированное изготовителем сопротивление ТС при температуре  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  (температурный коэффициент ТС) - определяется по формуле

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100^\circ\text{C}}, \text{ } \text{м}^3 / \text{ч}$$



где  $R_0$ ,  $R_{100}$  - значения сопротивления по НСХ при 100°C и 0°C, соответственно.

При работе с ТС используются НСХ по ГОСТ Р 8.625-2006.

При работе с термопреобразователями Cu50, Cu100 используются НСХ по ГОСТ 6651 -94.

При изготовлении прибор программируется на определенный тип входных ТС, отмеченный в списках термином «заводская установка». В процессе эксплуатации прибор может быть перепрограммирован на работу с любым типом ТС из числа входящих в список для данного варианта модификации.

Назначение:

Прибор совместно с входными ТС (датчиками) и исполнительными механизмами предназначен для контроля и регулирования температуры в системе отопления и горячего водоснабжения (ГВС), выполненной по схеме, приведенной в рисунке 1.

Кроме функций регулирования, прибор осуществляет защиту системы от завышения температуры обратной воды, возвращаемой в теплоцентраль.

ТРМ32-Щ4.Х обеспечивает передачу ПК данных о значениях контролируемых температур и заданных уставках по сети RS-485.

ТРМ32-Щ7.Х обеспечивает передачу ПК данных о значениях контролируемых температур и заданных уставках и возможность конфигурирования параметров по сети RS-485.

Прибор может быть применен на промышленных объектах, подконтрольных Ростехнадзору.

По эксплуатационной законченности прибор относится к изделиям второго порядка.

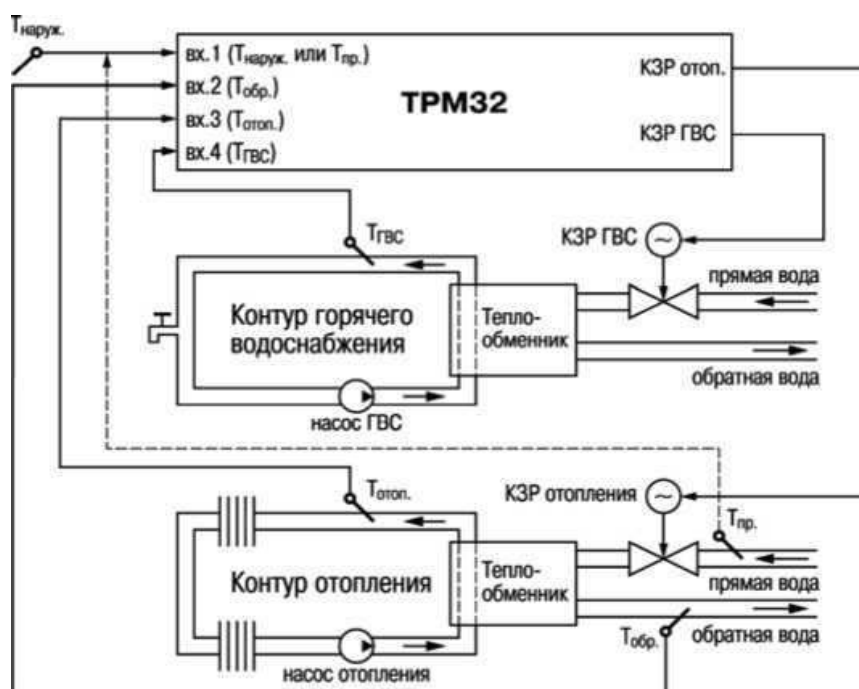


Рисунок 6 - Схема системы отопления и ГВС

Технические характеристики и условия эксплуатации

Таблица 1 - Основные технические характеристики прибора

Наименование характеристики	Значение
1	2
Напряжение питания переменного тока частотой 47...63 Гц	130.242 В (номинальное напряжение 220 В)
Потребляемая мощность, ВА, не более	6
Диапазон контроля температуры, °С	-50... + 199,9
Разрешающая способность, °С	0,1
Предел допускаемой основной приведенной погрешности контроля температуры (без)	±0,5
Тип входных ТС	ТСМ, ТСП
Количество каналов контроля температуры	4
Время цикла опроса датчиков, с, не более	6
Управляемые прибором исполнительные механизмы	КЗР контура отопления и ГВС

Продолжение таблицы 2

1	2
Способ управления исполнительными	контакты э/м реле
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле	4 А при напряжении 220 В 50 Гц ( $\cos \phi > 0,4$ )
Адаптер, используемый для подключения прибора к RS-232 порту ПК	АС3М (для приборов ТРМ32.Х.Х <sup>^</sup> )
Адаптер, используемый для подключения прибора к USB порту ПК	АС4 (для приборов ТРМ32-Х.Х <sup>^</sup> )
Длина линии связи прибора с адаптерами сети АС3М и АС4, м, не более	1200
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	50 000
Средний срок службы, лет	10
Масса прибора, кг, не более	1,2

Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности при измерении входных параметров, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  до любой температуры в пределах рабочих температур на каждые  $10^\circ\text{C}$  изменения температуры не более 0,5 предела допускаемой основной приведенной погрешности измерения.

В соответствии с ГОСТ 22261 электрическая прочность изоляции обеспечивает в течение не менее 1 мин отсутствие пробоев и поверхностного перекрытия изоляции цепи питания относительно корпуса при напряжении 1500 В переменного напряжения.

Электрическое сопротивление изоляции электрических цепей приборов относительно корпуса и между собой - не менее 20 МОм в

нормальных климатических условиях и не менее 5 МОм при температуре, соответствующей верхнему значению температуры рабочего диапазона.

#### Условия эксплуатации

Рабочие условия эксплуатации: закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов, с температурой окружающего воздуха от плюс 1 до плюс 50 °С (от минус 10 до плюс 55 °С для приборов в корпусе Щ7) и относительной влажностью не более 80 % при 25 °С и более низких температурах, без конденсации влаги, при атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа.

Нормальные условия эксплуатации: закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов, с температурой воздуха (20 ±5) °С и относительной влажностью не более 80 % при атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа.

По устойчивости к механическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения N2 по ГОСТ Р 52931-2008.

Приборы устойчивы к воздействию одиночных механических ударов с пиковым ускорением 50 м/с<sup>2</sup> и длительностью ударного импульса в пределах от 0,5 до 30 мс.

Время установления рабочего режима приборов после включения напряжения питания не более 5 мин.

Прибор изготавливается в пластмассовом корпусе, предназначенном для утопленного монтажа на вертикальной плоскости щита управления электрооборудованием. Крепление прибора на щите обеспечивается за счет фиксаторов, входящих в комплект поставки.

Корпус прибора состоит из двух частей, соединяемых между собой при помощи четырех винтов. Для обеспечения отвода тепла, выделяющегося при работе прибора, на боковых гранях задней части корпуса предусмотрены вентиляционные щели. Внутри корпуса установлены платы печатного монтажа, на которых располагаются

элементы схемы прибора. Соединение двух плат прибора в корпусе Щ4 друг с другом осуществляется при помощи плоских разъемных (с одной из сторон) кабелей. Прибор в корпусе Щ7 содержит одну плату.

Габаритные и установочные размеры приборов приведены на рисунке 7.

На лицевой панели прибора (рисунок 8) расположены семисегментные и единичные светодиодные индикаторы, служащие для отображения текущей информации о параметрах и режимах работы. Кроме того, здесь же расположены семь кнопок, предназначенных для управления прибором в различных режимах его работы.

Для соединения с первичными преобразователями, источником питания и внешними устройствами ТРМ32-Щ4 оснащен четырьмя группами клеммных соединителей, а ТРМ32-Щ7 - двумя группами клеммных соединителей (под винт), расположенными на их задней поверхности. Схема расположения соединителей приведена в рисунке 9.

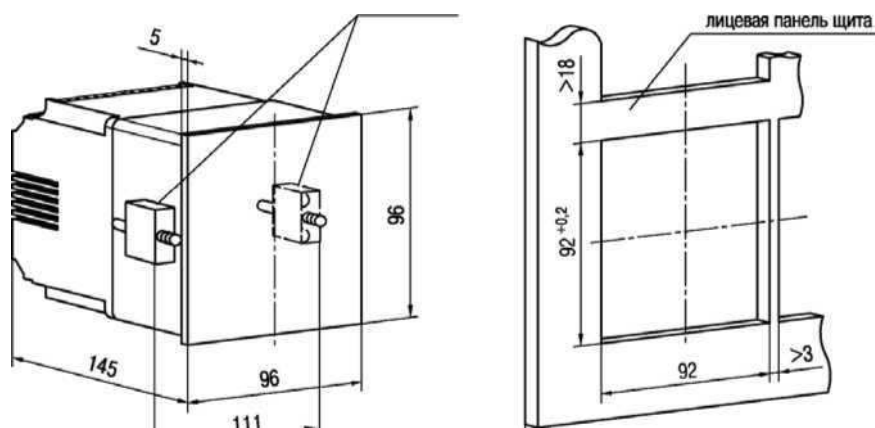


Рисунок 7 - Схема расположения соединителей

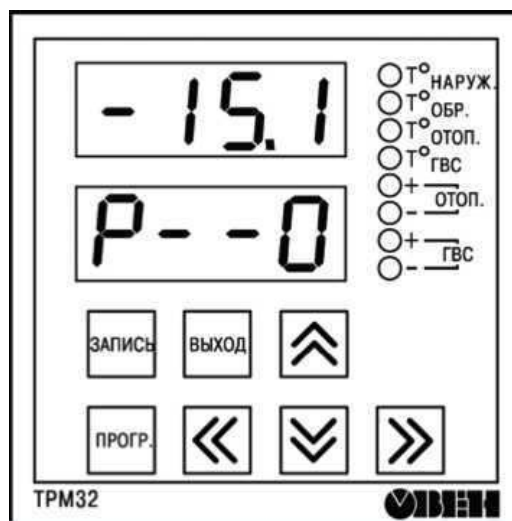


Рисунок 8

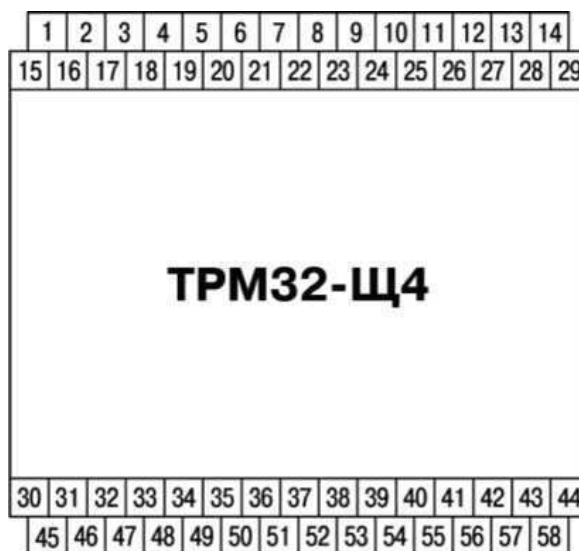


Рисунок 9 – TRM32-Щ4

Работа прибора в составе системы.

При работе в составе системы прибор контролирует температуру наружного воздуха ( $T_{\text{нар}}$ ), температуру воды в контурах отопления ( $T_{\text{отоп}}$ ) и горячего водоснабжения ( $T_{\text{гвс}}$ ), а также температуру обратной воды ( $T_{\text{обр}}$ ), возвращаемой в теплоцентраль.

По результатам измерений прибор формирует сигналы управления двумя запорно-регулирующими клапанами (КЗР), один из которых служит для поддержания заданной температуры в контуре отопления, а другой - в контуре горячего водоснабжения.

Регулирование по температуре наружного воздуха.

Регулирование температуры в контуре отопления осуществляется по уставке (заданному значению)  $T_{уст.отоп}$ . Значение  $T_{уст.отоп}$  является величиной переменной и вычисляется прибором, исходя из текущей температуры наружного воздуха по графику  $T_{уст.отоп} = f(T_{наруж.})$ . Параметры графика задаются пользователем при программировании прибора, исходя из эксплуатационных характеристик системы отопления, в соответствии с указаниями, изложенными в приложении А.

Пример графика  $T_{уст.отоп} = f(T_{наруж.})$ , заданного на предприятии-изготовителе прибора, приведен на рисунке 5. Параметры графика (как и все другие рабочие параметры, заданные при программировании прибора) заносятся во встроенную энергонезависимую память и сохраняются в ней во время эксплуатации, в том числе и при обесточивании прибора.

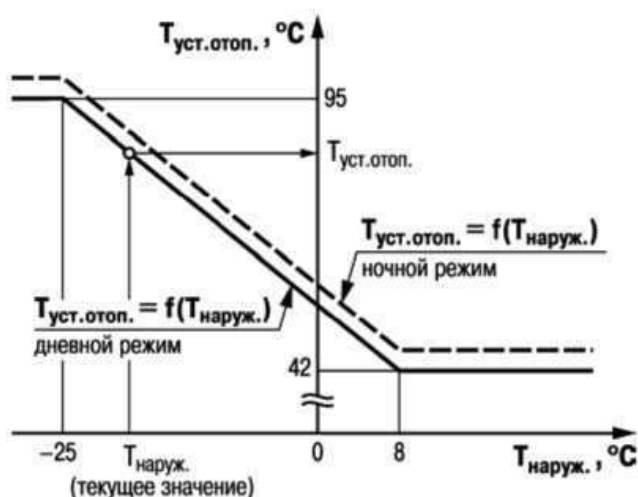


Рисунок 10- Пример графика

Регулирование по температуре прямой воды.

Уставка в контуре отопления может вычисляться прибором не только по температуре наружного воздуха, но и по температуре прямой воды ( $T_{пр}$ ), поступающей в систему из теплоцентрали. Вычисление уставки при этом осуществляется по графику  $T_{уст.отоп} = f(T_{пр})$ , параметры которого также могут быть заданы пользователем при программировании прибора, в соответствии с указаниями, изложенными в Приложении А.

Внимание! При необходимости вычисления уставки контура

отопления по графику  $T_{уст.отоп} = f(T_{пр})$  датчик, предназначенный для контроля температуры прямой воды, должен быть подключен к прибору вместо датчика, контролирующего температуру наружного воздуха.

#### Ночной режим работы

В приборе предусмотрена возможность дистанционного перевода системы отопления из дневного режима работы в ночной режим. При этом в ночном режиме весь график задания уставок контура отопления  $T_{уст.отоп} = f(T_{наруж})$  или  $T_{уст.отоп} = f(T_{пр})$  автоматически сдвигается вверх или вниз на величину, заданную пользователем при программировании (параметр **U-09**). Таким образом обеспечивается новое значение поддерживаемой температуры  $T_{уст.отоп}$ .

Перевод контура отопления в ночной режим работы осуществляется замыканием контактов «ДЕНЬ/НОЧЬ» (18-20 прибора ТРМ32-Щ4 и 19-20 ТРМ32-Щ7, соответственно) на клеммнике прибора.

В качестве коммутирующего устройства для этой цели может быть использован «сухой» (т.е. не соединенный с внешним источником напряжения или тока) контакт подходящего по назначению и конструкции тумблера, переключателя или таймера.

О работе системы в дневном/ночном режимах пользователя информирует заставка на нижнем цифровом индикаторе прибора (канал индикации -  $T_{наруж}$ ):

- **P-0** - дневной режим;
- **P-1** - ночной режим.

#### Защита системы от превышения температуры обратной воды

При регулировании температуры в контуре отопления прибор одновременно контролирует и температуру обратной воды, возвращаемой в теплоцентраль, обеспечивая защиту системы от превышения ею заданного значения  $T_{обр.мах}$ .

Заданное значение  $T_{обр.мах}$ , так же, как и уставка  $T_{ue}^{TM} - TM$ ., является величиной переменной и вычисляется по графику  $T_{обр.мах} = f(T_{наруж})$  или



графику  $T_{обр \cdot max} = f(T_{пр})$ . Параметры графика задаются пользователем при программировании прибора в соответствии с указаниями, изложенными в Приложении А.

Пример графика  $T_{обр \cdot max} = f(T_{наруж})$ , заданного на предприятии-изготовителе прибора, приведен на рисунке 11.

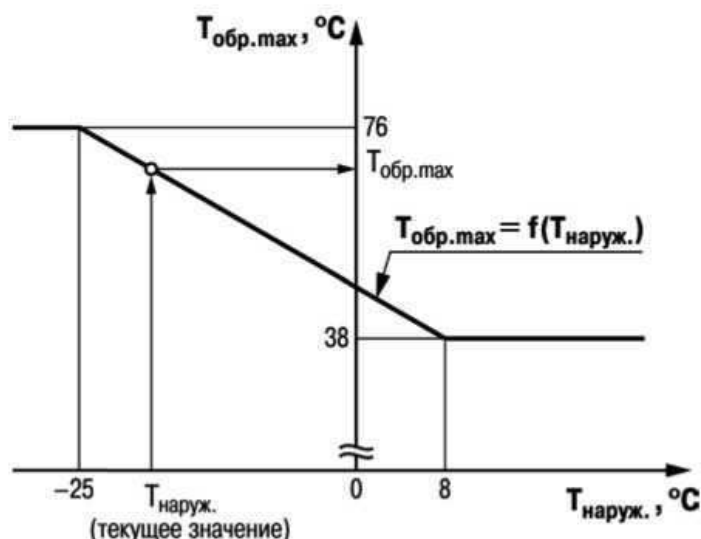


Рисунок 11 - Пример графика  $T_{обр \cdot max} = f(T_{наруж})$

Если в процессе работы температура обратной воды по какой-либо причине превысит значение  $T_{обр \cdot max}$  вычисленное по графику, то прибор переводит систему в режим защиты от данного превышения. При этом прибор прерывает регулирование температуры в контуре отопления по уставке  $T_{уст \cdot отоп}$  и, для снижения завышенной  $T_{обр}$ , начинает закрывать КЗР. Сигналы управления клапаном при этом формируются по новой уставке, значение которой равно  $(T_{обр \cdot max} - \Delta)$ . После снижения температуры обратной воды до значения  $(T_{обр \cdot max} - \Delta)$  регулирование по уставке  $T_{уст \cdot отоп}$  автоматически восстанавливается и система переходит в режим нормальной работы.

Здесь  $\Delta$  - величина гистерезиса, задаваемая пользователем при программировании параметра **U - 10** прибора. Значение  $\Delta$  определяется экспериментально (исходя из эксплуатационных характеристик

установки) после получения оптимального по качеству переходного процесса при переводе системы из режима защиты в режим нормального регулирования.

О работе системы в режиме защиты от превышения температуры обратной воды пользователя информирует заставка **P-2** на нижнем цифровом индикаторе прибора (канал индикации -  $T_{\text{наруж}}$ ).

Регулирование температуры в контуре горячего водоснабжения

Регулирование температуры в контуре горячего водоснабжения (ГВС) осуществляется прибором с помощью автономного КЗР по уставке  $T_{\text{уст.ГВС}}$ , задаваемой пользователем при программировании параметра **U-11**.

Формирование сигналов управления КЗР.

Управление обоими КЗР (в контуре отопления и в контуре ГВС) производится одинаковым широтноимпульсным способом, но по независимым друг от друга пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) законам регулирования. Формирование импульсов управления каждого КЗР осуществляется следующим образом.

Прибор, производя постоянный циклический опрос входных датчиков, после каждого цикла вычисляет в числе прочих параметров и новое текущее значение температуры  $T$ , по которой в выполняемом системой режиме работы осуществляется регулирование ( $T_{\text{отоп}}$  или  $T_{\text{обр}}$  для контура отопления и  $T_{\text{ГВС}}$  для контура ГВС). Интервал времени, необходимый для одного цикла опроса датчиков, называется шагом регулирования; величина его численно равна  $t_4 = 6$  с.

Полученное текущее значение температуры  $T$  сравнивается с соответствующей уставкой регулирования ( $T_{\text{уст.отоп}}$ ,  $T_{\text{обр.мах}}$  или  $T_{\text{уст.ГВС}}$ ), после чего прибор формирует импульс управления КЗР, длительность которого вычисляется по формуле (1).

$$D_i = 2,5 \cdot K \cdot (E_i + \tau \cdot E_i) \quad (1)$$

где  $D_i$  - длительность управляющего импульса в миллисекундах;

$E_i = T_{уст} - T_i$  - величина рассогласования в текущем шаге регулирования;

$\Delta E_i = E_i - E_{i-1}$  - величина изменения рассогласования по сравнению с предыдущим вычислением  $D_{i-1}$ ;

$K$  и  $\tau$  - коэффициенты ПИД-регулятора, задаваемые пользователем при настройке прибора в составе системы.

В формуле (1) коэффициент  $K$  (общий коэффициент усиления) определяет чувствительность регулятора как к величине рассогласования контролируемой им температуры, так и к скорости ее изменения. Значение коэффициента  $K$  для регулятора контура отопления задается пользователем при программировании прибора в параметре **A-03**, а для регулятора контура ГВС - в параметре **A-06**.

В формуле (1) коэффициент  $\tau$  (коэффициент при дифференциальной составляющей) определяет чувствительность ПИД-регулятора к резким изменениям контролируемой им температуры. Значение коэффициента  $\tau$  для регулятора контура отопления задается пользователем при программировании прибора в параметре **A-02**, а для регулятора контура ГВС - в параметре **A-05**.

Направление перемещения КЗР определяется прибором по знаку, полученному при вычислении  $D_i$ . При положительном значении  $D_i$  формируется управляющий импульс на открытие соответствующего КЗР, при отрицательном значении - управляющий импульс на его закрытие.

При значениях  $D_i$ , численно больших шага регулирования, сигнал управления выдается непрерывно.

Регулирование параметров  $T_{отоп}$  и  $T_{гвс}$  осуществляется с учетом заданных для них пользователем зон нечувствительности. Так, при регулировании температуры в контуре отопления и при достижении  $T_{отоп}$  значений, находящихся в зоне  $T_{уст \cdot отоп} - X \dots T_{уст \cdot отоп} + X$ , импульсы управления КЗР не формируются. Аналогично не формируются импульсы

управления при достижении  $T_{ГВС}$  значений, находящихся в зоне  $T_{уст.ГВС} - X \dots T_{уст.ГВС} + X$ . Здесь  $X$  - заданное (в градусах Цельсия) для данного контура значение зоны нечувствительности.

Зона нечувствительности для контура ГВС задается при программировании прибора в параметре ***U-12***, а для контура отопления - в параметре ***U-13***.

Электропривод КЗР, в силу своей инерционности, не способен обрабатывать импульсы малой длительности. Поэтому при  $|D_i| < 0,3$  с импульс управления КЗР прибором не формируется, но суммируется со значением, вычисленном в следующем шаге регулирования.

Например, при вычисленном значении  $D_i = 0,1$  с импульс управления КЗР длительностью 0,3 с формируется только в третьем шаге регулирования.

Работа выходных реле прибора, осуществляющих управление КЗР, проиллюстрирована на рисунке 12.

При управлении процессами с медленно изменяющимися во времени параметрами возможны ситуации, при которых температура объекта в течение шага регулирования будет меняться на величину, меньшую разрешающей способности прибора ( $0,1$  °C). В этом случае дифференциальная составляющая ПИД-регулятора в формуле  $\Delta E_i = 0$  перестает оказывать влияние на длительность управляющих импульсов, что может негативно отразиться на качестве регулирования. Во избежание таких ситуаций в приборе предусмотрена возможность увеличения интервала времени между соседними вычислениями  $D$  и  $D_{i+1}$ . При этом длительность управляющего импульса вычисляется не в каждом шаге регулирования, а с пропуском некоторого их числа. В пропускаемых (для вычислений) шагах длительность импульсов управления остается неизменной и равной  $D_i$ , а к моменту вычисления значения  $D_{i+1}$  контролируемая температура успевает измениться на величину, достаточную для ее четкой фиксации прибором.

Параметр  $S$ , определяющий, в каком по счету шаге регулирования будет производиться последующее вычисление  $D_{i+1}$ , задается пользователем при программировании прибора в параметрах **A-01** (для регулятора контура отопления) или **A-04** (для регулятора контура ГВС). При установке  $S = 0$  управляющие импульсы не формируются, что может быть использовано для управления КЗР дистанционно, от кнопок, подключенных параллельно выходным контактам реле прибора.

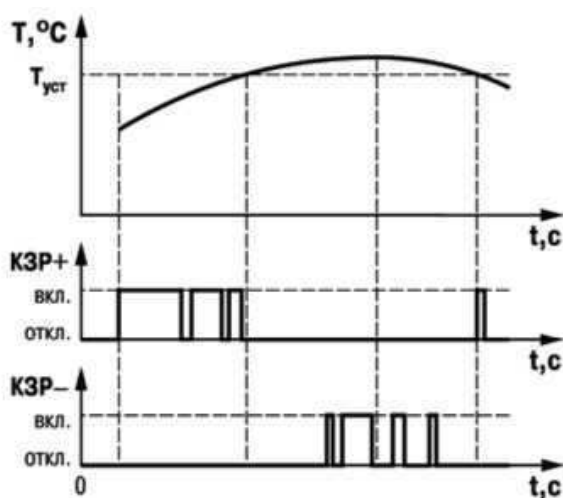


Рисунок 12- Управление процессами

Работа прибора в сети RS-485.

Приборы модификации RS могут обмениваться данными с ПК по сети RS-485. Отображение текущих параметров прибора может выполняться с помощью программы «Owen Process Manager» (информацию см. на сайте [www.owen.ru](http://www.owen.ru)).

Для подключения к ПК приборов, имеющих интерфейс RS-485, могут использоваться адаптеры сети ОВЕН АС3 или ОВЕН АС4.

Конфигурирование сетевых параметров ТРМ32-Щ4 осуществляется с помощью программы «Конфигуратор АС-2М» (находится на сайте [www.owen.ru](http://www.owen.ru)).

Прибор ТРМ32-Щ4 обеспечивает передачу ПК данных о значениях контролируемых температур и заданных уставках.

Для установки заводских сетевых параметров приборов ТРМ32-

Щ4.Х необходимо открыть прибор и установить переключку на разъем Х1, установленный на плате контроллера TRM58С7М.

Конфигурирование сетевых параметров ТРМ32-Щ7 осуществляется с клавиатуры на лицевой панели прибора.

Прибор ТРМ32-Щ7 обеспечивает конфигурирование всех параметров прибора и передачу ПК данных о значениях контролируемых температур и заданных уставках по протоколам Овен и ModBus.

Перечень команд протоколов Овен и ModBus.

В приборах в корпусе Щ7 заводские параметры устанавливаются с использованием кнопок, расположенных на лицевой панели прибора (запись значения 6742 в параметр **P-16**).

Режимы работы прибора.

При эксплуатации работа прибора осуществляется в одном из трех основных режимах: «Регулирование», «Просмотр» или «Программирование».

Переключение режимов и управление прибором производится при помощи кнопок, расположенных на лицевой панели прибора. Назначение кнопок управления прибором в различных режимах его работы графически представлено на рисунке 8.



Рисунок 13- Режимы работы прибора

Режим «Регулирование»

## Функции прибора

Режим «Регулирование» - основной рабочий режим, в который прибор переводится автоматически после подачи на него напряжения питания. В данном режиме прибор выполняет следующие функции:

- контролирует при помощи подключенных датчиков температурные параметры системы;
- осуществляет цифровую фильтрацию контролируемых входными датчиками параметров;
- осуществляет коррекцию показаний входных датчиков;
- отображает на цифровых индикаторах информацию о контролируемых параметрах и текущих уставках регулирования;
- контролирует исправность входных ТС и формирует сигналы об их выходе из строя;
- формирует сигналы управления КЗР;
- осуществляет передачу данных ПК.

## Контроль входных параметров

Контроль входных параметров осуществляется путем последовательного циклического опроса датчиков, по результатам которого прибором производится вычисление текущих значений следующих величин:

- температуры наружного воздуха  $T_{\text{наруж}}$  или (в зависимости от места установки датчика) температуры прямой воды  $T_{\text{пр}}$ ;
- температуры обратной воды возвращаемой в теплоцентраль  $T_{\text{обр}}$ ;
- температуры в контуре отопления  $T_{\text{отоп}}$ ;
- температуры в контуре ГВС -  $T_{\text{ГВС}}$ .

Время одного цикла опроса датчиков равно 6 с.

Тип используемых в работе датчиков задается пользователем в параметре ***P-01***

## 3.2 Комплект термопреобразователей КТПТР-01



Рисунок 14 - Термопреобразователи

Комплекты термопреобразователи платиновые технические разностные, типа: КТПТР-01, КТПТР-05, КТПТР-06 предназначены для измерения температуры и разности температур в составе теплосчетчиков и других приборов учета и контроля тепловой энергии в тепловых сетях промышленных предприятий и теплоснабжающих организаций. Комплект состоит из двух платиновых термопреобразователей сопротивления, подобранных друг к другу по индивидуальным статистическим характеристикам. Термометры имеют головку из прессматериала. Крепление термометров осуществляется гайкой. Принцип работы термометров основан на зависимости электрического сопротивления платины от температуры.

Комплекты термопреобразователей работоспособны при температуре окружающей среды, °С = -50...+60

Условное давление, МПа = 6,3

Класс допуска = А

Виброустойчивость и вибропрочность = по группе № 3

Климатическое исполнение = У, ТВ, категории 3

Погрешность измерения температуры:

для кл.1:  $dt = \pm(0,15 + 0,001t)$

для кл.2:  $dt = \pm(0,15 + 0,002t)$

Погрешность измерения разности температур:



для кл.1:  $d(Dt)=\pm(0,05+0,001Dt)$

для кл.2:  $d(Dt)=\pm(0,10+0,002Dt)$ ,

где Dt - разность температур.

## Комплект КТПТР-01

Таблица №

Монтажная длина L, мм			60	80	100	120	160	200	250	320	400
Тип и вид исполнения	КТП ТР-01	Масса, кг (комплект)	0,400	0,430	0,430	0,450	0,490	0,500	0,520	0,600	0,660
	КТП ТР-03		0,060	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,520	0,660

### Технические характеристики

Параметры	Значение
Диапазон измеряемых температур, °С	0...+180
Диапазон разности температур, °С	0...+180
НСХ	100П, 500П, Pt100, Pt500, Pt1000
Показатель тепловой инерции, с, не более	15
Степень защиты	IP65
Материал: защитной арматуры головки	сталь 12X18H10T сополимер марки АБС-2020-32

### 3.3 Регулирующий клапан отопления и ГВС



Рисунок 15- Регулирующий клапан

VB - 2-ходовые клапаны разгруженные по давлению, предназначенные для длительного и безотказного функционирования в наиболее тяжелых условиях работы в системах централизованного теплоснабжения, горячего водоснабжения с водоподогревателями, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВ и КВ).

Технические характеристики:

Способ присоединения: фланцевый

Регулируемая среда – вода;

$P_y = 25$  бар,  $T_{\text{макс}} = 150$  °С;

Материал – чугун;

Для применения с приводами AMV(E)10 и AMV(E)13 (Ду = 15–20 мм), AMV(E)20, AMV(E)23, AMV(E)30, AMV(E)33

### 3.4 Циркуляционный насос для отопления MAGNA 3 50-120F



Рисунок 16- Циркуляционный насос

Насосы MAGNA предназначены для циркуляции теплоносителя в системах отопления, где необходимо автоматическое регулирование напора насоса при изменении потребного расхода, если Вы хотите отказаться от дорогостоящих байпасных клапанов или другого подобного оборудования. Эти насосы также используются в системах ГВС.

Преимущество:

- Автоматическое регулирование с помощью функций AUTOADAPT, FLOWLIMIT и режима управления FLOWADAPT
- Режим пропорционального регулирования давления (для систем со сравнительно высокими перепадами давления)
- Регулирование постоянного давления (для систем со сравнительно низкими перепадами давления)
- Режим максимальных или минимальных рабочих характеристик
- Автоматический ночной режим
- Наивысшая энергоэффективность  $EEl < 0.20$
- Низкий уровень шума
- Высокая надежность

- Простота монтажа
  - Улучшенное охлаждение, благодаря охлаждающим ребрам на корпусе
  - Возможность беспроводной связи с приложением Grundfos GO Remote, которое устанавливает связь с насосом посредством радиосоединения
  - Насос MAGNA3 имеет TFT-дисплей диагональю 4 дюйма с интуитивно понятным дружественным интерфейсом
  - Визуальная индикация работы насоса с отображением/предупреждением аварий (Grundfos Eye)
  - Возможность связи насоса с системой управления через шины связи (GENIbus, LON и т.д.)
  - Подключается легко и быстро благодаря специальному штекеру
  - Встроенный универсальный датчик перепада давления и температуры
  - Страна изготовитель: Германия
- Технические характеристики:
- Температура перекачиваемой жидкости:.....от -10 до +110 °С  
(рекомендуемая температура в бытовых ГВС до +65 °С)
  - Температура окружающей среды во время эксплуатации / влажность: 0  
- 40 °С / 95%
  - Максимальное рабочее давление: 1,6 МПа (16 бар)
  - Класс защиты: IPX4D (EN 60529)
  - Класс нагревостойкости изоляции: F
  - Уровень шума: до 54 дБ(А)
  - Вязкость воды содержащей гликоль: максимальная вязкость = 50 с&t  
раствор 50 % воды / 50 % этиленгликоля при температуре -10 °С
  - Напряжение питания: 1 x230 В ±10%

### 3.5 Циркуляционный насос для ГВС UPS 25-120 серия 100



Рисунок 17- Циркуляционный насос для ГВС

Область применения:

Циркуляция горячей и холодной воды в системах отопления, горячего водоснабжения, охлаждения и кондиционирования. Могут использоваться в сложных системах отопления в качестве основных насосов, насосов контуров подмеса. Особенности: простое электрическое подключение, низкий уровень шума, высококачественные материалы, низкое энергопотребление, защита электродвигателя не требуется, широкая номенклатура и широкий спектр применения.

Факты, которые необходимо знать о бытовых циркуляционных насосах: бытовые циркуляционные насосы - это в основном насосы с мокрым ротором. Это означает, что крыльчатка насоса вращается магнитным полем настолько свободно, что если внутрь попадет какая-то окалина или камень, крыльчатка просто остановится. Для этого необходимо установить перед входом в насос грязевой фильтр;

- подключаются к обыкновенной электросети напряжением 220 В и потребляют мощность от 25 до 100 Вт в час;
- специальный винт позволяет выпустить воздух из насоса, если таковой остался при заполнении системы. Также при необходимости, используя ключ, можно вручную повернуть крыльчатку насоса;
- установка насоса должна быть выполнена таким образом, чтобы рабочая ось (из нее на нас смотрит винт) должна быть строго параллельно полу. В других положения насос не будет работать;
- все данные по насосу указаны на специальной бирке на корпусе. Циркуляционные насосы имеют несколько скоростей. Потребляемая насосом мощность при каждой скорости указана на бирке насоса;
- основными характеристиками циркуляционного насоса является напор, который указан в дециметрах и диаметр его подключения в миллиметрах. Например, насос UPS 25-40 означает: подключение к трубе диаметром 25 мм (т.е. один дюйм), напор насоса 4 метра;
- циркуляционные насосы предназначены для длительной и непрерывной работы;
- структура циркуляционного насоса;
- устройство циркуляционного насоса весьма незамысловато. В корпус из чугуна, нержавеющей стали, алюминия, а иногда и латуни или бронзы (эти цветные металлы чаще применяются в системах горячего водоснабжения) встроен стальной или керамический ротор, на валу которого установлено колесо с лопастями - крыльчатка. Его обычно производят из технополимера. Когда двигатель начинает вращаться, лопасти нагнетают теплоноситель, заставляя его продвигаться по системе.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

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

При труде ЦТП возможно появление факторов, неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего персонала. Сведения об этих факторах сведены в таблицу 1.

Таблица 3- Общая характеристика опасных и вредных производственных факторов ЦТП

№	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
Вредные факторы				
1	Аномальные параметры микроклимата	Электрокотельная	Для работы средней тяжести: Холодный период t=19-210С° влажность=40-60% скорость воздуха=0,2м/с Теплый период t=20-230С° 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 еп=2,4% Е=200лк СНиП 23-05-95	Наличие совмещенного комбинированного освещения
3	Уровень шума в помещении	Работающее технологическое оборудование электрокотельной	Предельно допустимый уровень звука La = 70ДБА СН 2.2.421.8.562-96	Звукоизоляция помещений, наличие индивидуальных средств защиты от шума, защита звукоизоляции

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
4	Производственная вибрация	Работающее технологическое оборудование электрокотельной	Предельно допустимое значение производственной вибрации (для тела человека 69 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-	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	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 12-0301	-	Использование стремянок и подмостей не выше 5 м, монтажных поясов
<b>Опасные факторы</b>				
7	Опасность возникновения пожаров и взрывов	Оборудование электрокотельной	Введение категорий по взрыво- пожароопасности с категорией В. НПБ 105-95	Применение огнестойких строительных конструкций, устройство системы пожаротушения.

## 4.2 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 ИТП практически отсутствуют. Структурный шум, то есть шум, излучаемый поверхностями колеблющихся



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:

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

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- члены бригады.

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

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подачи напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые

должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

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

- 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 В 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	ИД 1Д	650 В —	36 В 6 мА
Переменный f = 400 Гц	ИД 1Д	650 В —	36 В 6 мА
Постоянный	ИД 1Д	650 В	40 В 15 мА

ЦТП 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:

- 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.)

- 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.

- малое напряжение (12В,36В,50В) - применяется в переносных све-

тильников, ручном электрооборудовании.

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

- Двойная изоляция - дополнительная изоляция, защищающая человека при повреждении.

- 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)

- Защитное заземление - преднамеренное соединение с землей металлических частей электроустановок с целью обеспечения безопасности.

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

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

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

- Защитная сигнализация и блокировка.
- Индивидуальные средства защиты.
- 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)

#### **4.2.1 Заземление.**

При обслуживании электроустановки опасность представляют не только неизолированные 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:  $R_{3y} \leq 4 \text{ Ом}$ .

В помещении электростанции 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:

$$R_{ii} = R_{3y} = 4 \text{ Ом}$$

Для грунта типа суглинок удельное сопротивление растекания тока со-

ставляет:  $\rho_{уд} = 100 \text{ Ом м}$

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 глубина 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 коэффициентов

$$\rho_{расч.г} = \rho_{уд} \cdot K_{пов.г} = 100 \cdot 1.8 = 180 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{расч.в} = \rho_{уд} \cdot K_{пов.в} = 100 \cdot 4.5 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

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  $\rho_{расч.в} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Найдём сопротивление одного вертикального электрода выполненного из прутка диаметром 12 мм и длиной 5 м. Данные по электродам:  $d_э = 0.012 \text{ м}$ ,  $l = 5 \text{ м}$ . Глубина заложения  $t = 0.7 + 2.5 = 3.2 \text{ м}$ .

$$R_{од.в.э.} = \frac{\rho_{расч.в}}{2\pi l} \left( \ln\left(\frac{2l}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4t+l}{4t-l}\right) \right) = 22,72 \text{ Ом}$$

Найдём примерное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования  $K_{исп} = 0.6$

$$n = \frac{R_{од.в.э.}}{K_{исп} \cdot R_{зв}} = \frac{22,72}{0,6 \cdot 4} = 9,46 \text{ шт.}$$

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.

$$K_{исп.г} = 0.62$$

$$R_{кэ} = \frac{1}{K_{исп}} = \frac{\rho_{расч.г}}{2\pi l} \ln\left(\frac{2l^2}{bH}\right)$$

где l - длина полосы, l=5n=5 10=50 м, b=0.04 м - ширина, полосы, H=0.7 м - глубина залегания в грунте.

Тогда:

$$R_{кэ} = \frac{1}{0,62} = \frac{180}{2\pi \cdot 14 \cdot 50} \ln\left(\frac{2 \cdot 50^2}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 11,17 \text{ Ом}$$

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:

$$n = \frac{R_{од.в.э.}}{K_{исп} \cdot R_{зв}} = \frac{22,72}{0,47 \cdot 6,23} = 7,76 \text{ шт.}$$

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

Определим сопротивление, которое дают вертикальные электроды:

$$R_{изп} = \frac{R_{од.в.э.}}{K_{исп} \cdot n} = \frac{22,72}{0,47 \cdot 8} = 6,04 \text{ Ом}$$

Сопротивление электродов меньше требуемого отсюда можно сделать вывод, что расчет произведен верно.

В существующем ЦТП заземление осуществляется с помощью естественных заземлителей.

### Освещённость ЦТП

Освещенность в котельной должна соответствовать требованиям действующих норм в соответствии со СНиП 23-05-95\*.



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  $250 \text{ м}^2$  в качестве аварийного освещения разрешается применять переносные электрические фонари.

По характеристике зрительной работы помещение ЦТП 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 (T8 с цоколем G13 36 Вт)  $\Phi_{амп} = 2975$  лм.

Светильник имеет следующие габаритные размеры: высота  $h_c = 0,158$

м, длина  $a_c = 1,24$  м, ширина  $b_c = 0,22$  м.

Расстояние между рядами светильников определяем по формуле :

$$L = \alpha \cdot h$$

где  $h$  - высота от светильника до пола, рисунок 10, м;

$X$  - невыгоднейшее расстояние между светильниками,  $l = 1,1$  м.

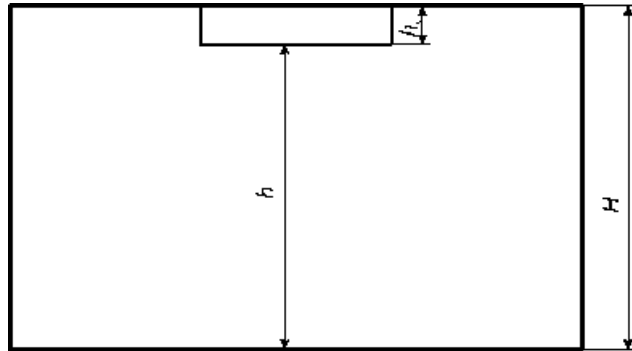


Рисунок 18 - Обозначение высот в помещении Высоту от светильника до пола находим по формуле :

$$h = H - h_c,$$

где  $H$  - высота помещения

$h_c$  - высота светильника, м;

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

$$h = 3,2 - 0,072 = 3,128 \text{ м}$$

Далее по формуле находим расстояние между рядами светильников:

$$L = 1,1 \cdot 3,128 = 3,44 \text{ м}$$

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

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

Рассчитаем число рядов светильников по формуле:

$$n_p = B / L = 6 / 3,44 = 1,7$$

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 11.

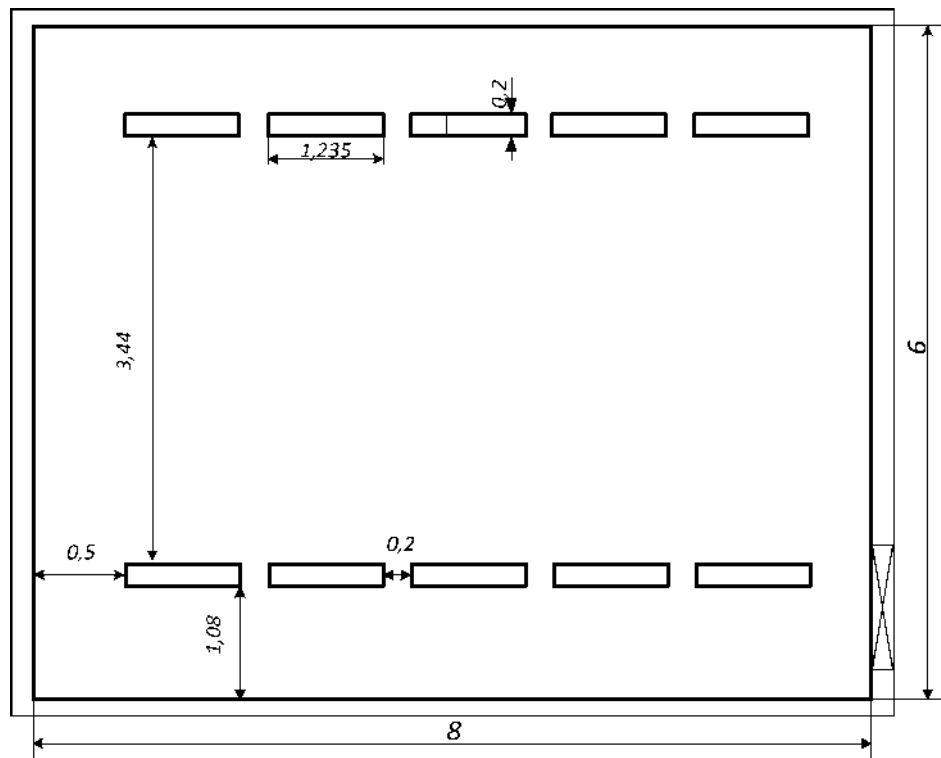


Рисунок 19 - Схема размещения светильников

Определяем требуемое освещение.

В соответствии с СНиП 23-05-95 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  $\eta=1,3$ . Этот коэффициент учитывает запыленность светильников и оконного остекления.

Определяем индекс освещенности помещения, по формуле:

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

где S- площадь помещения, м.

Определение коэффициента использования светового потока.

Световой поток (F) определяется по формуле:

$$F = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где  $E$  - минимальная освещенность рабочей поверхности  $E=300 \text{лк}$ ;

$Z$  - 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.

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 20 - Определение коэффициента светового потока.

Подставляя численные значения в формулу, получим световой поток:

$$F = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 48 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,45} = 2860$$

Проверяем соответствие полученного светового потока, со световым

потоком выбранной лампы

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

$$20\% \geq (F - F_o) / F_o \geq -10\%$$

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

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

Определяем электрическую мощность, потребляемую системой освещения:

$$P_c = P_l \cdot n = 16 \cdot 36 = 576 \text{ Вт},$$

где  $P_l$  - мощность одной лампы  $P_l = 36 \text{ Вт}$ ;  $n$  - число ламп.

Проведем контрольный расчет освещенности по следующей формуле:

где  $N_n$  - общее число ламп в помещении  $N = 16$ .

$$E = \frac{F_o \cdot N_d \cdot \eta}{S \cdot k \cdot Z}$$

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 существующем ЦТП установлено 9 светильников, 8 из которых предназначены для обычного освещения, 1 для аварийного.

### 4.3 Экологичность

ЦТП 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.

### 4.4 Чрезвычайные ситуации

В соответствии с правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий (РД 153.-34.0-03.301-00) к проектируемому ЦТП 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, пожарная 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 ЦТП 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 ЦТП 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 по взрывобезопасности.

Требования к путям эвакуации.

Эвакуационные пути должны обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях ЦТП, 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 ЦТП относится к классу пожаров:Е (пожары, связанные с горением электроустановок). В ЦТП 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.



## 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. 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 Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети./У.Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001.
- 2 Теплоснабжение / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. – М.: Стройиздат, 1982.
- 3 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / под ред. А.С. Ключева. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
- 4 CANopenJUMOCANtransp [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.jumo.net> - 16.05.2014
- 5 CANopenJUMOCANtranspT [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.jumo.net> - 17.05.2014
- 6 Каталог насосов Wilo [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.wilo.ru/glavnaja-stranica/produkcija/otoplenie/otoplenie/U52Cdf1s6w>- 06.06.2014
- 7 Логический контроллер M238 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> - 16.05.2014
- 8 Модули ЦПУ серии CJ1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://industrial.omron.ru> - 16.05.2014
- 9 Навесные шкафы SE со сплошной дверью [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dkc.ru>-24.04.2014
- 10 Насосы Grundfos TP, TPE [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.grundfos.com/products/find-product/tp-tpe.html>- 24.05.2014
- 11 Платформа автоматизации Modicon M340 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> - 16.05.2014
- 12 Правила устройства электроустановок (шестое и седьмое издание): ПУЭ. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 201. 465 с.
- 13 Руководство по установке и использованию Back-UPS ® BX800CI-RS/BX1100CI-RS [Электронный ресурс].- Режим доступа:

<http://www.schneider-electric.com> - 24.04.2014

14 Самигулина З.И. Объектно-ориентированное программирование. Методические указания к выполнению лабораторных работ (для студентов специальности 050702 - «Автоматизация и управление»)/ З.И. Самигулина. Алматы: КазНТУ, 2012. - 49 с.

15 Система распределённого ввода/вывода Modicon STB [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com> - 10.05.2014

16 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.

17 Экономика и управление энергетическими предприятиями / под ред. Н.Н. Кожевникова. - М.: Академия, 2004. - 432 с.



Продолжение приложения А

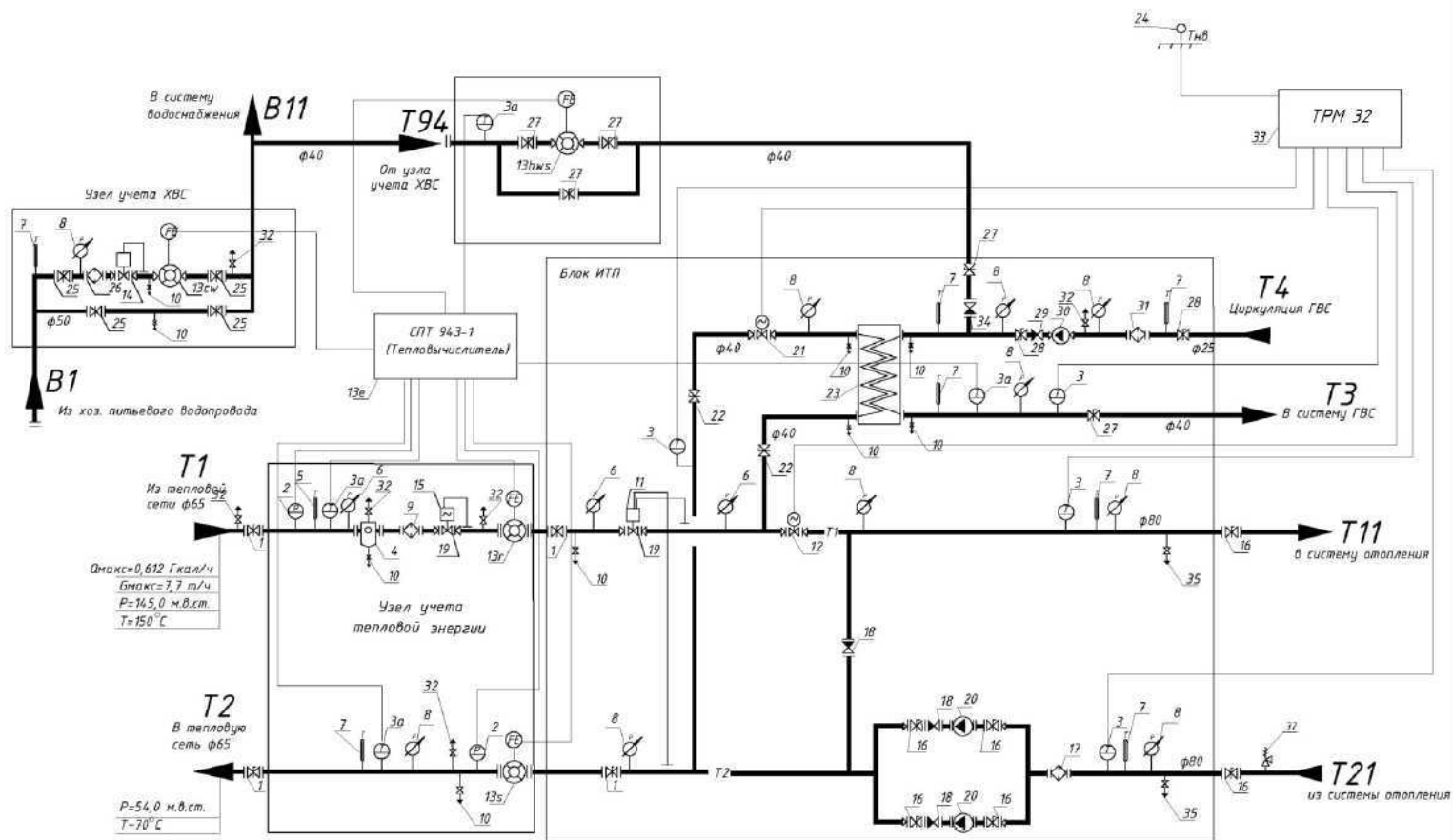
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Фильтр						7,7	65	66,7	0,5						11,1	1,1						6,9	0,4
УУТЭ							40		0,4							0,4							0,4
Регулятор давления "после себя"						4,1	32	16	0,7														
РПД						4,1	32	16	0,7						13,3	7,0						8,3	2,7
Сопротивление контура									2,2							8,4							3,5
<b>Система отопления (внеш. контур)</b>																							
Диаметр трубопровода (Т1,Т2), мм	65					4,2																	
Скорость теплоно- сителя, м/с	0,37																						
PCO						5,0	25	10	2,5						5,0	2,5						0,0	0,0
Сопротивление контура									2,5							2,5							0,0
<b>Система отопления (внутр. контур)</b>																							
Диаметр трубопровода (Т11.Т21), мм	80			95	70	13,4																	
Скорость теплоносителя, м/с	0,78																						
Фильтр						13,4	80	66,7	1,6						13,4	1,6						0,0	0,0
Сопротивление СО									4,0							4,0							0,0
Сопротивление контура									5,6							5,6							0,0
Циркуляционный насос				95	70	14,8			6,2														

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Система ГВС (греющая)</b>																							
Диаметр трубопровода (Т13,Т24), мм	40			150	70	3,5							70	30	6,9								
Скорость теплоносителя, м/с	0,80																						
РГВС						4,1	25	10	1,7						8,3	6,9						8,3	6,9
Теплообменник ГВС									3,0							3,0							3,0
Сопротивление контура									4,7							9,9							9,9
<b>Система ГВС (нагреваемая)</b>																							
Диаметр трубопровода (Т3), мм	40			60	5	5,0																	
Скорость горячей воды, м/с	1,16																						
Диаметр трубопровода (Т4), мм	25					1,5																	
Скорость циркуляционной воды, м/с	0,89																						
Фильтр						1,5	25	11,3	0,7						1,5	0,7						1,5	0,7
Теплообменник ГВС									0,7							0,7							0,7
Сопротивление системы ГВС									4,0							4,0							4,0
Сопротивление контура									5,4							5,4							5,4
Циркуляционный насос ГВС				60	5	1,7			6,0														

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Система ХВС</b>																							
Диаметр трубопровода (В1), мм	50					4,0																	
Скорость холодной воды, м/с	0,59																						
Фильтр						4,0	50	42,7	0,4						4,0	0,4						4,0	0,4
Водомер ХВ																							
Диаметр трубопровода подпитки, мм	40					2,1	40																
Скорость подпиточной воды, м/с	0,48																						
Водомер ГВС на подпиточной линии																							
Теплообменник ГВС									2,0							2,0							2,0
Сопротивление контура									2,4							2,4							2,4
Ввод т/с+ отопление (внешн.контур)		96							4,8							11,0							3,5
Отопление (внутри.контур)		9,0				14,8			5,6							5,6							0,0
Ввод теплосети+ГВС(греющая)		96							7,0							18,3							13,3
Система ГВС		8,2				1,7			5,4							5,4							5,4
Система ХВС		7,0							2,4							2,4							2,4

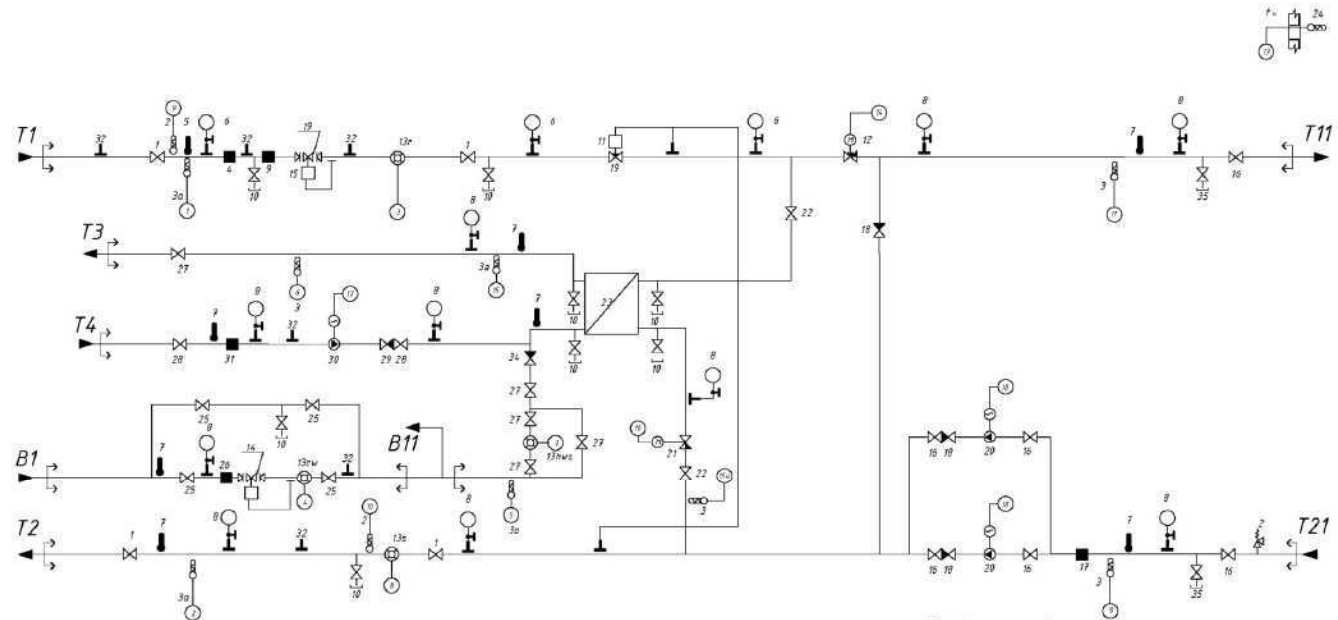


Условные обозначения:

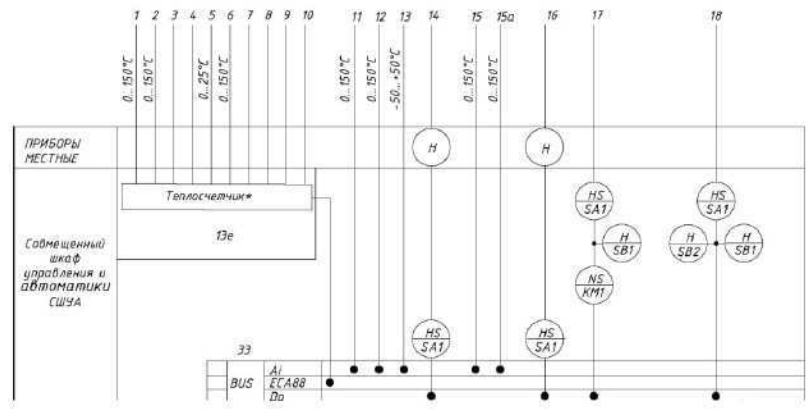
	Кран шаровый		Теплообменник пластинчатый
	Фильтр сетчатый		Манометр
	Клапан обратный		Термометр
	Грязевик обратный		Расширитель
	Насос центробежный		Датчик температур
	Клапан регулирующий давление		
	Регулятор перепада давления		

ВКР.134.200.15.03.04.СК				Лист №	Листов
Исполн.	Провер.	Дата	Стр.	1	1
М.П.	М.П.	М.П.	М.П.		
Технологическая схема трубопроводного соединения разводящей горизонтальной стоячкой					
Разработано: [Имя]					
Проверено: [Имя]					
Утверждено: [Имя]					
Инженер: [Имя]					
М.П.					



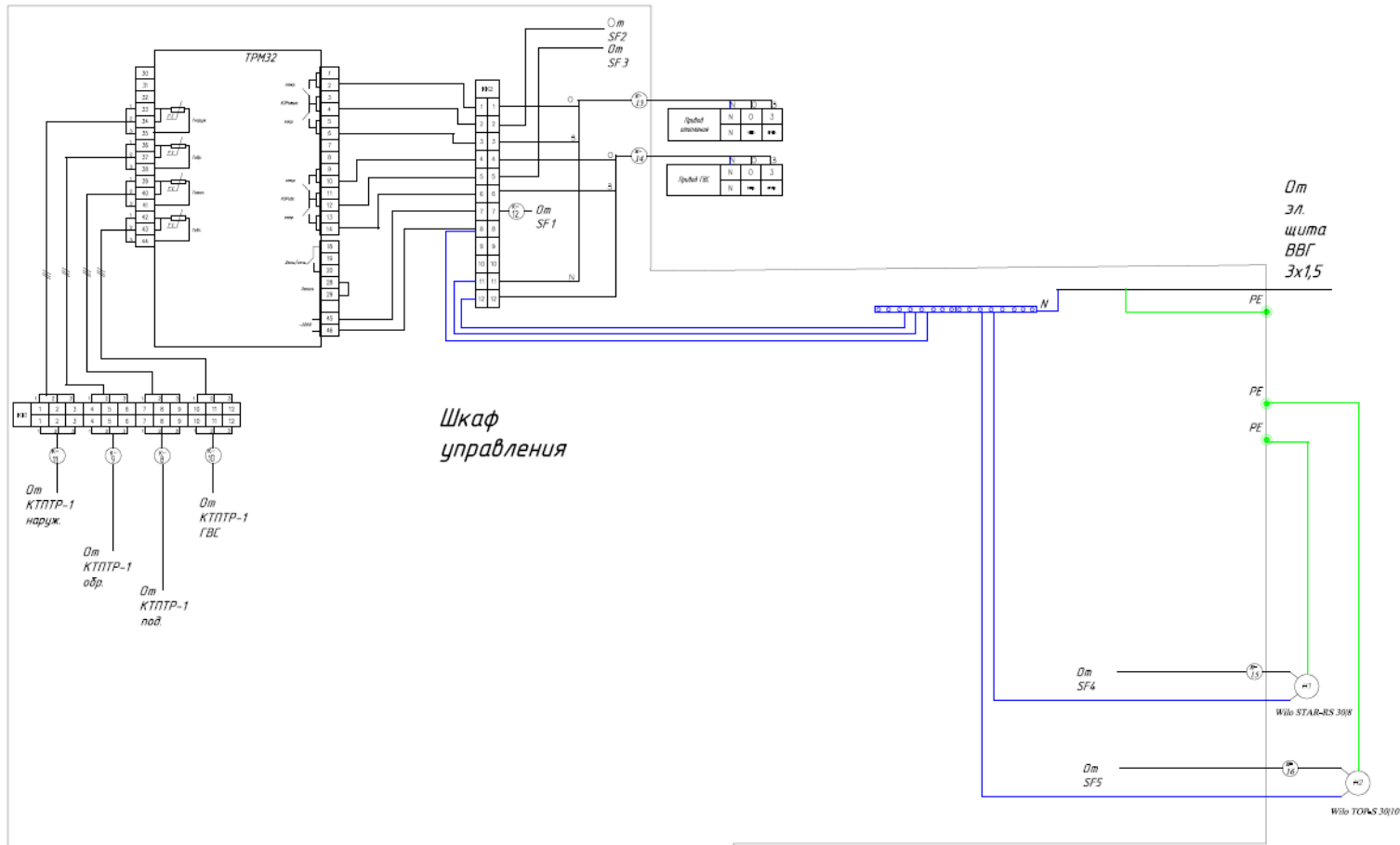


- T1 - Теллосеть-подача
- T11 - Отопление-подача
- T2 - Теллосеть-обратка
- T21 - Отопление-обратка
- B1 - Холодная вода - общая
- B11 - Холодная вода - к потребителю
- T4 - Горячая вода - рециркуляция
- T3 - Горячая вода



БКР 134.200.15.03.04.СХ					
Имя документа	№ документа	Дата	Страна	Лист	Всего
Исполнитель	Проверенный	Дата	Страна	Лист	Всего
Проектировщик	Автоматизация	Дата	Страна	Лист	Всего
Исполнитель	Проверенный	Дата	Страна	Лист	Всего
Исполнитель	Проверенный	Дата	Страна	Лист	Всего

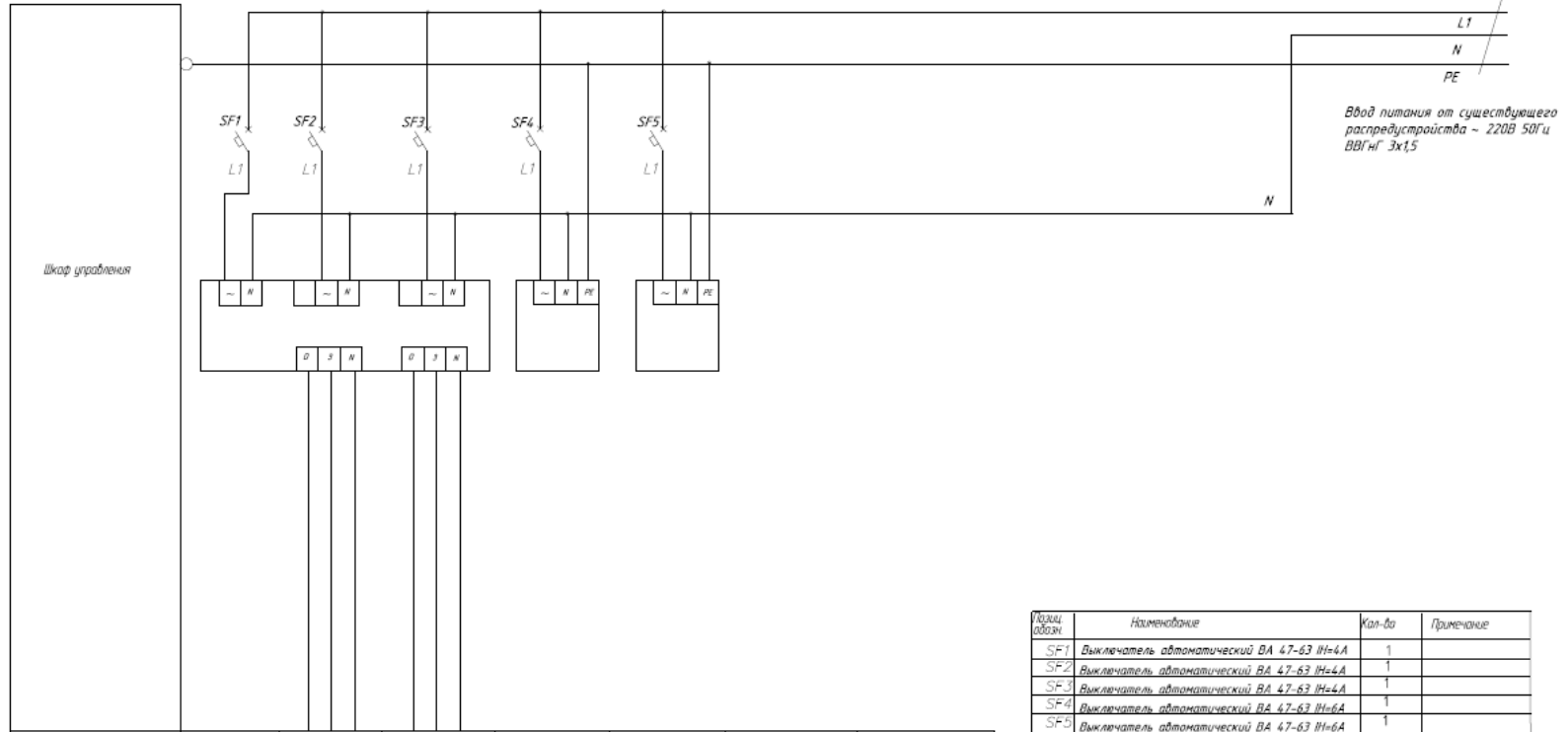
ВКР 134203 15 03 04. СХ



Шкаф  
управления

				ВКР 134203 15 03 04. СХ			
Изм.	Дата	Исполн.	Содерж.	Добав.	Исх.	Исполн.	Исполн.
1			Система автоматического подключения гидробака управления				
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							





Позиция	К-12	К-13	К-14	К-15	К-16
Тип прибора	Контроллер ТРМ32	Электропривод АМУ 20	Электропривод АМУ 33	Насос	Насос
Рабочее напряжение (В)	~220	~220	~220	~220	~220
Рабочая нагрузка	6,0ВА	5,0ВА	5,0ВА	176,0ВА	390,0ВА
Место установки	Шкаф управления	обратный т/п отопления	обратный т/п ГВС	Контур циркуляции ГВС	обратный т/п контур отоплен.

Коды обозн.	Наименование	Кол-во	Примечание
SF1	Выключатель автоматический ВА 47-63 IN=6А	1	
SF2	Выключатель автоматический ВА 47-63 IN=6А	1	
SF3	Выключатель автоматический ВА 47-63 IN=6А	1	
SF4	Выключатель автоматический ВА 47-63 IN=6А	1	
SF5	Выключатель автоматический ВА 47-63 IN=6А	1	

ВКР 134.203.15.03.04.СХ

Имя	Иванов П.А.	Дата	2023.03.04
Фамилия	Иванов	Подпись	[Подпись]
И.О.Ф.	Иванов П.А.	Подпись	[Подпись]
М.П.	Иванов П.А.	Подпись	[Подпись]

Система проектная электротехническая авария

Исполнительная схема работы системы аварийной защиты от короткого замыкания

АМУ-У зр. 34.1хсб

