

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

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

(08.03.01) «Строительство»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Теплогазоснабжение и вентиляция»

(направленность (профиль)/специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Самарская область. с. Камышла. Теплоснабжение

Студент	<u>Л.М. Хуббатова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>О.А. Сизенко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Т.П. Фадеева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.А. Живоглядова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе спроектирована и рассчитана централизованная система теплоснабжения сельского поселения Камышла с выработкой теплоты в котельной.

Был произведен расчет тепловых нагрузок по укрупненным показателям удельных характеристик зданий, построен график годового и часового потребления тепла; выбран центральный качественный метод регулирования по отопительной нагрузке.

В проекте запроектирована четырехтрубная тепловая сеть из стальных трубопроводов, прокладка труб – бесканальная. Произведен гидравлический расчет, по результатам которого построен пьезометрический график. Подобрана тепловая изоляция трубопроводов. В качестве тепловой изоляции трубопроводов применяется основной слой из пенополиуретана и покровной слой, состоящий из двух слоев бризола. Эффективность тепловой изоляции трубопроводов составила 93%.

Подобрано оборудование котельной: котлы марки КВ-ГМ-1,5-115 в количестве 4 штук, пластинчатые теплообменники, сетевые и подпиточные насосы, гидромагнитная система водоподготовки. Разработана тепловая схема котельной.

В разделе «Контроль и автоматизация» разработана функциональная схема автоматизации котельной.

В разделе «Организация монтажных работ» посчитана трудоемкость работ, которая составила 11000 чел/час.

В разделе безопасность и экологичность технического объекта составлен технологический паспорт объекта, проведена индентификация профессиональных рисков, разработаны методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов, обеспечена экологическая безопасность технического объекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
2. ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛА	9
2.1 Определение расчетных тепловых нагрузок	9
2.2 График часового и годового потребления тепла	12
2.3 Выбор метода регулирования и график метода регулирования тепла	14
3. ТЕПЛОВАЯ СЕТЬ	17
3.1 Определение расчетных расходов теплоносителя	17
3.2 Конструирование и механический расчет тепловой сети, построение монтажной схемы	18
3.3 Гидравлический расчет	19
3.4 Расчет и подбор тепловой изоляции	32
4. КОТЕЛЬНАЯ	37
4.1 Подбор котельных агрегатов	37
4.2 Разработка тепловой схемы	38
4.3 Расчет и подбор вспомогательного оборудования	39
5. КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ	48
6. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ	50
6.1 Определение объемов работ	50
6.2 Определение потребности в материалах, изделиях и оборудовании	53
7. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	54
Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	54
7.1	54
7.2 Идентификация профессиональных рисков	54
7.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	54
7.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	55
7.5 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	62

## ВВЕДЕНИЕ

Под теплоснабжением понимают систему обеспечения теплом зданий и сооружений. Надёжная работа систем теплоснабжения имеет большое народно-хозяйственное значение, поскольку от неё в значительной степени зависит создание комфортных условий для труда и проживания людей и оптимальных условий для различных технологических процессов.

С ростом благосостояния населения потребность населения в теплоснабжении возрастает, в связи с этим требуется обеспечить надёжную систему теплоснабжения всех видов потребителей.

Цель данной работы – спроектировать централизованную систему теплоснабжения сельского поселения Камышла согласно [1], которая обеспечит бесперебойную и стабильную поставку тепла потребителям.

Задачи:

- Определить расчетные тепловые нагрузки, построить график часового и годового потребления тепла, выбрать метод регулирования и построить график регулирования отпуска тепла.
- Определить расчетные расходы сетевой воды, сконструировать и рассчитать тепловую сеть, произвести гидравлический расчет, построить пьезометрический график, определить эффективность толщины тепловой изоляции.
- Подобрать котельные агрегаты, разработать тепловую схему, рассчитать и подобрать вспомогательное оборудование котельной.
- Разработать функциональную схему автоматизации котельной.
- Определить трудоемкость монтажных работ.
- Обеспечить безопасность и экологичность технического объекта.

# 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

## 1.1 Климатологические данные района строительства

Объектом строительства является тепловая сеть в селе Камышла, которая снабжает теплом следующих потребителей: системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для 24 объектов, которые приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Теплопотребляющие объекты

№	Объект	V, м <sup>3</sup>	№	Объект	V, м <sup>3</sup>
1	Школа	22500	13	Гараж РОВД	120
2	Спорткомплекс	9000	14	Магазин «Книги»	163,2
3	Отдел образования	1800	15	Администрация	1470
4	Гараж школа	1800	16	РДК	5929
5	Дет. сад	21600	17	Гараж Администрация	192
6	Гараж ЦСО	396	18	Почта	1001
7	Гараж ЦСО	396	19	Учеб. корпус ПУ-40	1323
8	Магазин «Ритм»	450	20	Столовая ПУ-40	477
9	Столовая	1800	21	Гараж ПУ-40	360
10	Универмаг	4429,3	22	МУП «КомХоз»	4259
11	Участковые ОВД	2700	23	ЦСО	2490
12	РОВД	1200	24	ЦСЗН	2100

Исходные данные для проектирования принимаются согласно [2] для села Камышла (к расчетам принимаются параметры для г. Самара):

- Расчетная температура для проектирования отопления:  $t_{p.o.} = -30^{\circ}\text{C}$ ;
- Расчетная температура для проектирования вентиляции:  $t_{p.v.} = -30^{\circ}\text{C}$ ;
- Продолжительность отопительного периода:  $z_{от.} = 203$  сут.;
- Средняя температура наружного воздуха за отопительный период:  $t_{от.} = -5,2^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительность стояния температур наружного воздуха в течение отопительного периода для г. Самара приняты по [3] и представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой, °С, наружного воздуха, ч.

Температура наружного воздуха, °С	Число часов стояния, ч
-40 ÷ - 35	0,72
-35 ÷ - 30	9,6
-30 ÷ -25	103,2
-25 ÷ -20	288
-20 ÷ -15	489,6
-15 ÷ -10	597,6
-10 ÷ -5	864
-5 ÷ 0	1415,28
+0 ÷ +8	1224
$\Sigma$	4992

Территория поселения представляет собой холмистую равнину, абсолютные отметки колеблются от 108 до 111 м, грунтовые воды до глубины 20 м не обнаружены.

Тип грунта в районе застройки – маловлажные суглинки, плотность 1,4 т/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности  $\lambda_{гр} = 1,74 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ , принят по [4]. Средняя годовая температура грунта равна  $t_o = +5,6 \text{ }^\circ\text{С}$  по [5].

## 2 ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛА

### 2.1 Определение расчетных тепловых нагрузок

Расходы тепла на отопление и вентиляцию определяются по укрупненным показателям удельных характеристик зданий, представляющих собой удельный расход тепла на  $1 \text{ м}^3$  здания по наружному обмеру на один градус разности температур между усредненной расчетной температурой воздуха внутри помещений и расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции [6].

Максимальный часовой расход тепла на отопление, ккал/ч:

$$Q_o = q_o \cdot (t_b - t_{p.o.}) \cdot V_n; \quad (2.1)$$

где  $q_o$  – удельная отопительная характеристика жилых и общественных зданий при  $t_{p.o.}$  в ккал/ $\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ;

$t_b$  – температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{p.o.}$  – температура наружного воздуха на отопление, °С;

$V_n$  – объем здания по наружному обмеру,  $\text{м}^3$ ;

Максимальный часовой расход тепла на вентиляцию, ккал/ч:

$$Q_b = q_b \cdot (t_b - t_{p.b.}) \cdot V_n; \quad (2.2)$$

где  $q_b$  – удельная отопительная характеристика жилых и общественных зданий при  $t_{p.b.}$ , ккал/ $\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ;

$t_{p.b.}$  – температура наружного воздуха на вентиляцию, °С;

Среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение, ккал/ч:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.}} = k_c \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н.}}; \quad (2.3)$$

где  $k_c$  – коэффициент суточной неравномерности расхода тепла за неделю, принимают для населенных мест  $k_c = 1,2$ ;

$Q_{ГВС}^{ср.}$  – среднечасовой расход тепла за неделю на горячее водоснабжение, ккал/ч. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Тепловые нагрузки

№	Объект	$t_{p.o.},$ °C	$q_0$	$Q_o,$ ккал/ч	$q_v$	$Q_v,$ ккал/ч	$Q_{ГВС}^{ср.н.},$ ккал/ч	$k_c$	$Q_{ГВС}^{ср.},$ ккал/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Школа	-30	0,38	410400	0,08	86400	27552	1,2	33062
2	Спорткомплекс	-30	0,4	172800	0,2	86400	204800	1,2	245760
3	Отдел образования	-30	0,56	48384	0,18	15552	-	-	-
4	Гараж школы	-30	0,56	48384	0,7	-	-	-	-
5	Дет. сад	-30	0,38	393984	0,1	103680	13200	1,2	15840
6	Гараж ЦСО	-30	0,7	13306	0,7	-	-	-	-
7	Гараж ЦСО	-30	0,7	13306	0,7	-	-	-	-
8	Магазин «Ритм»	-30	0,7	15120	0,1	-	-	-	-
9	Столовая	-30	0,56	48384	0,7	60480	479520	1,2	575424
10	Универмаг	-30	0,47	99925	0,1	21261	-	-	-
11	Участковые ОВД	-30	0,5	64800	0,18	23328	-	-	-
12	РОВД	-30	0,58	33408	0,18	10368	-	-	-
13	Гараж РОВД	-30	0,7	4032	0,7	-	-	-	-
14	Магазин «Книги»	-30	0,7	5484	0,1	-	-	-	-
15	Администрация	-30	0,59	41630	0,18	12701	-	-	-
16	РДК	-30	0,44	125220	0,4	113837	-	-	-
17	Гараж Администрация	-30	0,7	6451	0,7	-	-	-	-
18	Почта	-30	0,63	30270	0,18	8649	-	-	-
19	Учеб. корпус ПУ-40	-30	0,58	36832	0,1	6350	21504	1,2	25805
20	Столовая ПУ-40	-30	0,7	16027	0,7	16027	339600	1,2	407520
21	Гараж ПУ-40	-30	0,7	11340	0,7	-	-	-	-

Продолжение таблицы – 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	МУП «КомХоз»	-30	0,47	96083	0,18	36798	-	-	-
23	ЦСО	-30	0,51	60955	0,18	21514	-	-	-
24	ЦСЗН	-30	0,55	55440	0,18	18144	-	-	-
	Всего			1852722		641489	1086176		1303411
	МВт			2,15		0,75	1,26		1,51
	Итого с запасом 8 %:			2,32		0,81	1,36		1,63

Методика расчета приведена в [6]

Расчет:

Среднечасовой тепловой поток на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{о}} = 2,32 \cdot \frac{18 + 5,2}{18 + 30} = 1,12 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{в}} = 0,81 \cdot \frac{18 + 5,2}{18 + 30} = 0,392 \text{ МВт};$$

Годовые нагрузки на отопление и вентиляцию:

$$Q_{\text{год}}^{\text{о}} = 203 \cdot 24 \cdot 1,12 = 5456,6 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{год}}^{\text{в}} = 203 \cdot 16 \cdot 0,392 = 1273,2 \text{ МВт};$$

Количество тепла, расходуемого на ГВС в теплый период года:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.л.}} = 1,63 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} = 1,36 \text{ МВт};$$

Годовой расход на ГВС:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = 24 \cdot 1,63 \cdot 203 + 24 \cdot 1,36 \cdot (350 - 203) = 12739,4 \text{ МВт};$$

Минимальный часовой отпуск тепла котельной:

$$Q_1^{\text{min}} = 0,48 + 0,17 + 1,63 = 2,28 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{о}} = 2,32 \cdot \frac{18 - 8}{18 + 30} = 0,48 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{в}} = 0,81 \cdot \frac{18 - 8}{18 + 30} = 0,17 \text{ МВт};$$

Максимальный часовой отпуск тепла потребителю:

$$Q_1^{\max} = 2,32 + 0,81 + 1,63 = 4,76 \text{ МВт};$$

Максимальная часовая выработка тепла в котельной:

$$Q_{\text{выр}}^{\max} = 4,76 + 0,381 = 5,14 \text{ МВт};$$

Потери тепла в котельной:

$$Q_{\text{пот}}^{\max} = 0,08 \cdot 4,76 = 0,38 \text{ МВт};$$

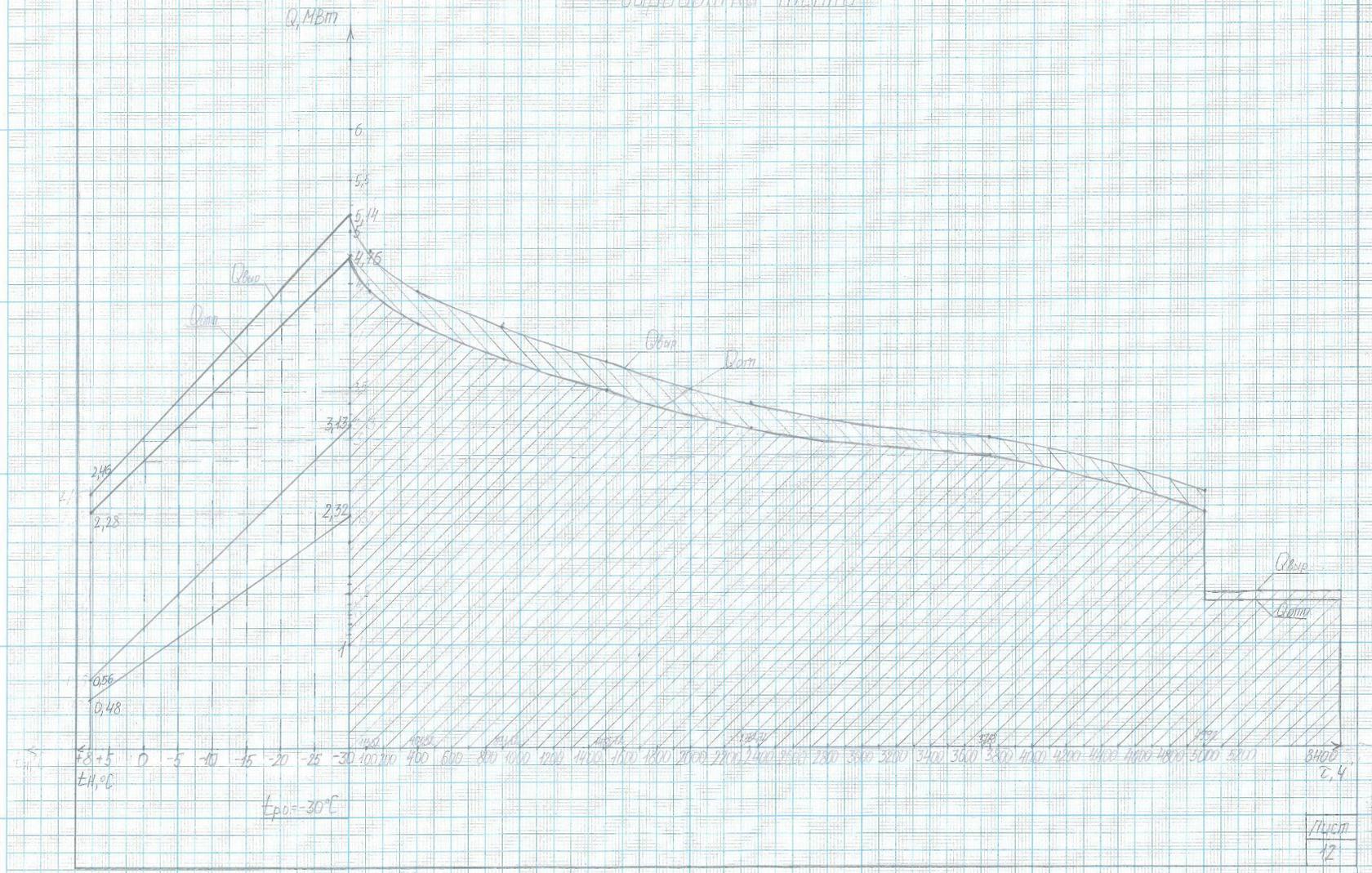
Часовая выработка тепла при минимальных нагрузках:

$$Q_{\text{выр}}^{\min} = 2,28 \cdot (1 + 0,08) = 2,5 \text{ МВт};$$

## 2.2 График часового и годового потребления тепла

График часового и годового потребления тепла изображается по полученным значениям п.2.1. В правой части изображается вспомогательный график, который отражает линейную зависимость расходов тепла от температуры наружного воздуха, а в левой части – годовой график расходов тепла. Продолжительность работы системы теплоснабжения в течение года составляет 8400 часов (350 дней). Полученные результаты будут использованы при выборе и расчете источника теплоснабжения. График часового и годового потребления тепла представлен на листе 13.

# График годовой и часовой выработки тепла



## 2.3 Выбор метода регулирования и график регулирования отпуска тепла

В данном проекте принимается центральный качественный метод регулирования отпуска тепла по отопительной нагрузке.

Центральный качественный метод представляет собой регулирование отпуска теплоты за счёт изменения температуры теплоносителя на входе в систему и обеспечивает более стабильный тепловой режим, нежели количественный метод.

Методика расчета приведена в [6].

Расчет:

Температурный напор нагревательного прибора при температуре воды в отопительной системе  $\tau'_3 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $\tau'_{2,0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta t' = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ }^\circ\text{C};$$

Перепад температур воды в тепловой сети:

$$\delta\tau'_o = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

Перепад температур воды в системе отопления:

$$\theta' = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

Температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при  $t_{\text{н}} = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\tau_{1,0} = 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 + 30} \right)^{0,8} + \left( 25 - \frac{25}{2} \right) \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 + 30} \right) = 38,99 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\tau_{2,0} = 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 + 30} \right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 + 30} \right) = 33,79 \text{ }^\circ\text{C};$$

Полученные значения представлены в таблице 2.2.

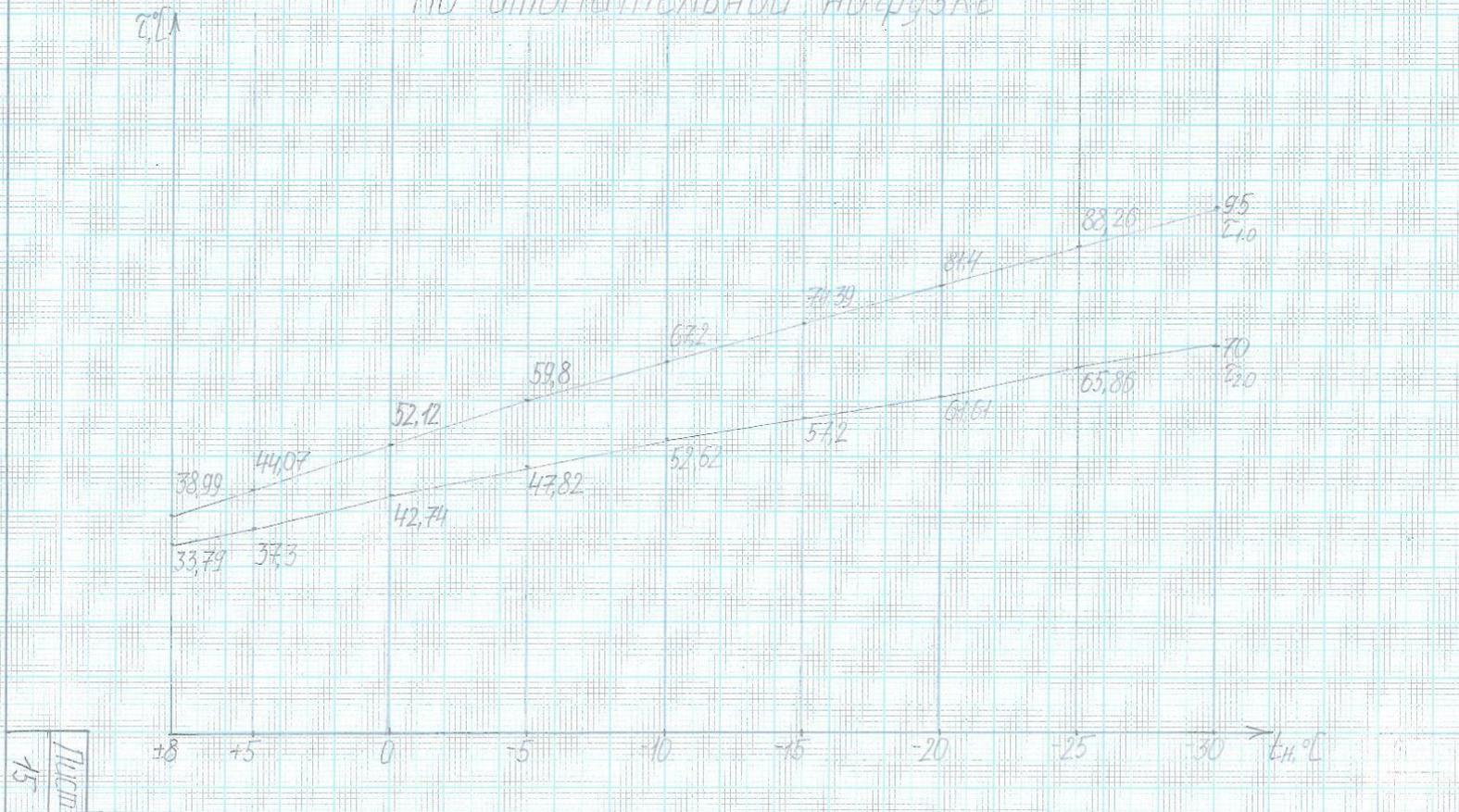
Таблица 2.2 – Значения температур в подающем и обратном трубопроводах

	Температура сетевой воды при $t_n$ , °С								
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
$\tau_{1.0}$	38,99	44,07	52,12	59,8	67,2	74,39	81,4	88,26	95
$\tau_{2.0}$	33,79	37,3	42,74	47,82	52,62	57,2	61,61	62,86	70

Температурный график качественного регулирования по отопительной нагрузке от температур наружного воздуха приведен на листе 16.

Подготовка воды для горячего водоснабжения происходит непосредственно на источнике теплоснабжения.

# Качественное регулирование по отопительной нагрузке



Лист  
15

### 3 ТЕПЛОВАЯ СЕТЬ

#### 3.1 Определение расчетных расходов теплоносителя

Расчетный расход сетевой воды для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях, при качественном регулировании отпуска теплоты определяется отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Методика расчета приведена в [6].

Пример расчета для здания №1 (школа):

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию:

$$G_o = \frac{86400}{1 \cdot (95 - 70)} = 3456 \text{ кг/ч}$$

Максимальный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение:

$$G_{ГВС}^{\max} = \frac{2 \cdot 33062}{1 \cdot (70 - 5)} = 1017 \text{ кг/ч}$$

Расчетные расходы сетевой воды в подающем теплопроводе для летнего периода:

$$G_p^n = \frac{1,3 \cdot 33062}{1 \cdot (70 - 15)} = 782 \text{ кг/ч}$$

Расходы сетевой воды представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расходы сетевой воды

№	Расчетный тепловой поток на отопление	Расчетный тепловой поток на вентиляцию	Расчетный тепловой поток на ГВС	Расчётный расход сетевой воды, кг/ч		Суммарный расход сетевой воды, кг/ч	Расчётный расход сетевой воды на ГВС, кг/ч	
	$Q_o$ , ккал/ч	$Q_v$ , ккал/ч	$Q_{ГВС}^{ср.н.}$ , ккал/ч	$G_o$ , кг/ч	$G_v$ , кг/ч	$G_o + G_v$ , кг/ч	$G_{ГВС}^{\max}$ , кг/ч	$G_p^n$ , кг/ч
1	410400	86400	33062	16416	3456	19872	1017	782
2	172800	86400	245760	6912	3456	10368	7562	5809

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	48384	15552	-	1935	622	2557	-	-
4	48384	-	-	1935	-	1935	-	-
5	393984	103680	15840	15759	4147	19906	487	374
6	13306	-	-	532	-	532	-	-
7	13306	-	-	532	-	532	-	-
8	15120	-	-	605	-	605	-	-
9	48384	60480	575424	1935	2419	4354	17705	13601
10	99925	21261	-	3997	850	4847	-	-
11	64800	23328	-	2592	933	3525	-	-
12	33408	10368	-	1336	414	1750	-	-
13	4032	-	-	161	-	161	-	-
14	5484	-	-	219	-	219	-	-
15	41630	12701	-	1665	508	2173	-	-
16	125220	113837	-	5009	4553	9562	-	-
17	6451	-	-	258	-	258	-	-
18	30270	8649	-	1211	346	1557	-	-
19	36832	6350	25805	1473	254	1727	794	610
20	16027	16027	407520	641	641	1282	12539	9632
21	11340	-	-	454	-	454	-	-
22	96083	36798	-	3843	1472	5315	-	-
23	60955	21514	-	2438	861	3299	-	-
24	55440	18144	-	2218	726	2944	-	-
Σ						99735	40104	30808

### 3.2 Конструирование и механический расчет тепловой сети, построение монтажной схемы

В связи с тем, что количество потребляемой теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение сравнительно мало, а объекты расположены компактно, для системы теплоснабжения выбирается четырехтрубная система. Использование четырехтрубных систем теплоснабжения упрощает процессы подготовки теплоносителя для потребителей теплоты, так как сети включают в себя два подающих и два обратных трубопровода для подачи горячей воды на нужды отопления и вентиляции, а также горячего водоснабжения.

Прокладка трубопроводов – бесканальная. Данный способ прокладки тепловых сетей является наиболее экономичным, обеспечивает меньшие объемы земляных и строительно-монтажных работ, экономию сборного железобетона, снижает трудоемкость строительства и повышает производительность труда.

На магистралях, в узлах ответвлений размещают неподвижные опоры, расстояние между неподвижными опорами зависит от диаметра трубопровода на котором они устанавливаются. Между неподвижными опорами на расчетных расстояниях располагают компенсаторы температурных удлинений. Для теплопроводов диаметром более 100 мм применяются стальные сальниковые компенсаторы, для меньших диаметров – П-образные компенсаторы.

Подключение потребителей горячего водоснабжения открытое, поскольку горячая вода готовится непосредственно на источнике теплоснабжения.

### **3.3 Гидравлический расчет**

Целью гидравлического расчета является определение диаметров трубопроводов и потерь давления при заданных расходах теплоносителя в сети.

Методика расчета приведена в [6].

Гидравлический расчет водяных тепловых сетей для отопления и вентиляции приведен в таблице 3.2, для горячего водоснабжения в таблице 3.3.

Таблица 3.2 – Гидравлический расчет водяных тепловых сетей для отопления и вентиляции

№ уч.	Расход воды, G кг/ч	D <sub>y</sub> , мм	D <sub>H</sub> ×S, мм	Фактическая длина l <sub>ф</sub> , м	Эквивалентная длина, l <sub>э</sub> , м	Приведенная длина l <sub>пр</sub> , м	Скорость воды ω, м/с	Удельные потери давления на участке R, Па/м	Потери давления на участке, Па	Потери напора H, м	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Подающий трубопровод											
Ветка А											
1	65,005	143	152x4,5	45,1	8,32	53,42	1,17	128	6837,8	0,7	6837,8
2	63,941	143	152x4,5	167,6	14,56	182,16	1,15	123,8	22551,4	2,3	29389,2
3	63,336	143	152x4,5	22,8	8,84	31,64	1,14	121,68	3850	0,4	33239,2
4	60,393	143	152x4,5	40,1	8,32	48,42	1,08	110,57	5353,8	0,5	38593
5	40,486	125	133x4	12,3	5,72	18,02	0,96	101,48	1828,7	0,2	40421,7
6	36,131	125	133x4	13,6	5,28	18,88	0,85	80,8	1525,5	0,2	41947,2
7	32,832	125	133x4	10,3	5,28	15,58	0,77	66,73	1039,7	0,1	42986,9
8	29,308	125	133x4	36	6,16	42,16	0,7	53,21	2243,3	0,2	45230,2
9	24,46	125	133x4	68	10,13	78,13	0,57	37	2890,8	0,3	48121
10	22,549	125	133x4	68,5	9,8	78,3	0,54	36,39	2849,3	0,3	50970,3
11	22,329	100	108x4	67,8	9,8	77,6	0,81	97,7	7581,5	0,8	58551,8
12	10,335	100	108x4	98,1	13,61	111,71	0,56	22,2	2480	0,2	61031,8
13	6,872	82	89x3,5	50,6	7,95	58,55	0,37	27,38	1603,1	0,2	62634,9
14	5,315	82	89x3,5	102,6	6,68	109,28	0,3	16,09	1758,3	0,2	64393,2
Ветка Б											
15	34,733	100	108x4	201	19,5	220,5	1,29	247	54463,5	5,4	54463,5
16	32,175	100	108x4	28,3	6,5	34,8	1,18	207	7203,6	0,7	61667,1
17	19,872	100	108x4	21,7	6,5	28,2	0,74	80,8	2278,6	0,2	63945,7
Невязка: $\frac{64393,2 - 63945,7}{64393,2} \cdot 100\% = 0,7\%$											
Ответвление А1											
18	0,532	33	38x2,5	20	2,4	22,4	0,18	22,06	494,14	0,05	494,14

Продолжение таблицы - 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	1,064	40	45x2,5	86	6,95	92,25	0,25	32,87	3055,27	0,31	3055,58
Невязка: $\frac{57555,4 - 3055,58}{57555,4} \cdot 100\% = 94,7\%$									Давление гасится шайбой с d = 6,7 мм		
Ответвление А2											
20	0,605	33	38x2,5	16	1,22	17,22	0,2	28,46	490,08	0,05	490,08
Невязка: $\frac{35004 - 490,08}{35004} \cdot 100\% = 98,6\%$									Давление гасится шайбой с d = 5,9 мм		
Ответвление А3											
21	2,943	69	76x3,5	33,93	4,2	38,13	0,22	12,93	493,02	0,05	493,02
Невязка: $\frac{31154 - 493,02}{31154} \cdot 100\% = 98,4\%$									Давление гасится шайбой с d = 12 мм		
Ответвление А4											
22	19,907	125	133x4	70,4	8,8	79,2	0,47	24,47	1938,02	0,19	1938,02
Невязка: $\frac{25800,2 - 1938,02}{25800,2} \cdot 100\% = 92,5\%$									Давление гасится шайбой с d = 37,5 мм		
Ответвление А5											
23	4,355	69	76x3,5	30,3	4,2	34,5	0,34	27,35	943,58	0,09	943,58
Невязка: $\frac{23971,5 - 943,58}{23971,5} \cdot 100\% = 96,1\%$									Давление гасится шайбой с d = 16,9 мм		
Ответвление А6											
24	3,299	69	76x3,5	33,91	4,2	38,11	0,26	16,19	617	0,06	617
Невязка: $\frac{22446 - 617}{22446} \cdot 100\% = 97,3\%$									Давление гасится шайбой с d = 14,9 мм		
Ответвление А7											
25	3,525	69	76x3,5	21	4,2	25,2	0,27	18,45	464,94	0,05	464,94
Невязка: $\frac{21406,3 - 464,94}{21406,3} \cdot 100\% = 97,2\%$									Давление гасится шайбой с d = 15,5 мм		
Ответвление А8											

Продолжение таблицы - 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	4,847	69	76x3,5	33,91	4,2	38,11	0,37	34,06	1298,03	0,13	1298,03
Невязка: $\frac{19163 - 1298,03}{19163} \cdot 100\% = 93,2\%$									Давление гасится шайбой с d = 6,7 мм		
Ответвление А9											
27	1,912	50	57x3,5	21	2,74	23,74	0,28	29,94	710,78	0,07	710,78
28	0,161	27	32x2,5	18,1	2,1	20,2	0,1	9,5	191,9	0,02	902,68
Невязка: $\frac{16272,2 - 902,68}{16272,2} \cdot 100\% = 94,5\%$									Давление гасится шайбой с d = 18,8 мм		
Ответвление А10											
29	0,219	27	32x2,5	21	0,86	21,86	0,11	11,31	247,24	0,02	247,24
Невязка: $\frac{13422,9 - 247,24}{13422,9} \cdot 100\% = 98,2\%$									Давление гасится шайбой с d = 12,3 мм		
Ответвление А11											
30	3,463	69	76x3,5	57,5	4,2	61,7	0,26	18,2	1122,94	0,11	1122,94
31	0,453	33	38x2,5	19	1,22	20,22	0,16	16,6	335,65	0,03	1458,59
32	1,282	50	57x3,5	26,14	3,5	29,64	0,17	14,1	417,92	0,04	1876,51
Невязка: $\frac{3361,4 - 1876,51}{3361,4} \cdot 100\% = 44,2\%$									Давление гасится шайбой с d = 4,2 мм		
Ответвление А12											
33	1,557	50	57x3,5	27,2	2,74	29,94	0,23	20,37	609,88	0,06	609,88
Невязка: $\frac{1758,3 - 609,88}{1758,3} \cdot 100\% = 65,3\%$									Давление гасится шайбой с d = 30,8 мм		
Ответвление А13											
34	0,258	27	32x2,5	17	2,1	19,1	0,13	15,66	299,11	0,03	299,11
35	9,82	100	108x4	61,5	11,45	72,95	0,35	18,45	1345,93	1,4	1645,04
36	2,173	50	57x3,5	63,7	1,3	65	0,32	36,52	2373,8	2,4	4018,84
37	11,993	100	108x4	76,5	13,4	89,9	0,44	29,07	2613,39	2,6	6632,23

Продолжение таблицы - 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Невязка: $\frac{6632,23 - 5841,4}{6632,23} \cdot 100\% = 12\%$									Давление гасится шайбой с d = 12,4 мм		
Ответвление Б1											
38	1,935	50	57x3,5	60,5	6,24	66,74	0,29	30,58	2040,91	0,2	2040,91
Невязка: $\frac{2278,6 - 2040,91}{2278,6} \cdot 100\% = 10,4\%$											
Ответвление Б2											
39	2,557	69	76x3,5	18,8	9,1	27,9	0,2	10	279	0,03	279
Невязка: $\frac{9482,2 - 279}{9482,2} \cdot 100\% = 97,1\%$									Давление гасится шайбой с d = 16,4 мм		
Ответвление Б3											
40	10,368	100	108x4	58,5	13,43	71,93	0,38	21,67	1558,72	0,16	1558,72
Невязка: $\frac{9482,2 - 1558,72}{9482,2} \cdot 100\% = 83,6\%$									Давление гасится шайбой с d = 34 мм		

Таблица 3.3 – Гидравлический расчет водяных тепловых сетей для горячего водоснабжения

№ уч.	Расход воды, G кг/ч	D <sub>y</sub> , мм	D <sub>H</sub> ×S, мм	Фактическая длина l <sub>ф</sub> , м	Эквивалентная длина, l <sub>э</sub> , м	Приведенная длина l <sub>пр</sub> , м	Скорость воды ω, м/с	Удельные потери давления на участке R, Па/м	Потери давления на участке, Па	Потери напора H, м	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Подающий трубопровод											
Ветка А											
1	31,526	125	133×4	283,7	9,68	293,38	0,75	62,4	18306,9	1,8	18306,9
2	31,04	125	133×4	14,3	4,84	19,14	0,73	59,5	1138,8	0,1	19445,7
3	13,333	100	108×4	421,5	36,46	457,96	0,5	36,8	16852,9	1,7	36298,6
4	12,539	100	108×4	45,1	3,12	48,22	0,46	31,5	1518,9	0,2	37817,5
Ветка Б											
5	8,579	82	89×3,5	194	16,7	210,7	0,65	105	22123,5	2,2	22123,5
6	1,017	40	45×2,5	56	5,4	61,4	0,51	219	13446,6	1,3	35570,1
Невязка: $\frac{37817,5 - 35570,1}{37817,5} \cdot 100\% = 6\%$											
Ответвление А1											
7	0,487	33	38×2,5	58,4	1,86	60,26	0,16	18,66	1124,5	0,1	1124,5
$\frac{19510,6 - 1124,5}{19510,6} \cdot 100\% = 94,2\%$									Давление гасится шайбой с d = 6 мм		
Ответвление А2											
8	17,705	125	133×4	30,2	6,6	36,8	0,42	19,45	715,8	0,07	715,8
$\frac{18371,8 - 715,8}{18371,8} \cdot 100\% = 96\%$									Давление гасится шайбой с d = 36,3 мм		
Ответвление Б1											
9	7,562	82	89×3,5	58,5	9,22	67,72	0,38	32,6	2207,7	0,2	2207,7
$\frac{13446,6 - 2207,7}{13446,6} \cdot 100\% = 83,6\%$									Давление гасится шайбой с d = 26,7 мм		

Гидравлический расчет теплопроводов для летнего периода сводится к определению потерь давления на расчетных участках сети при известных диаметрах теплопроводов (определенных для зимнего режима) и летних расчетных расходах теплоносителя.

Методика расчета приведена в [6]

Расчет для каждого участка сведен в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Гидравлический расчет тепловых сетей для летнего периода

№	Расходы воды в зимний период, $G_p, \text{т/ч}$	Потери напора на участке в зимний период $H, \text{м}$	Сопротивление участков сети $S, \text{м}\cdot\text{ч}^2/\text{м}^6$	Расходы воды в летний период $G_p^{\text{л}}, \text{т/ч}$	Потери напора в летний период $H, \text{м}$	Суммарные потери напора, м
Ветка А						
1	31,526	1,8	0,002	24,218	1,5	1,5
2	31,04	0,1	0,0001	23,843	0,1	1,6
3	13,333	1,7	0,01	10,242	1,1	2,7
4	12,539	0,2	0,001	9,632	0,1	2,8
Ветка Б						
5	8,579	2,2	0,03	6,590	1,3	1,3
6	1,017	1,3	1,26	0,782	0,8	2,1
Ответвление А1						
7	0,487	0,1	0,42	0,374	0,06	0,06
Ответвление А2						
8	17,705	0,07	0,0002	13,6	0,04	0,04
Ответвление Б1						
9	7,562	0,2	0,003	5,809	0,1	0,1

Из пьезометрического графика для отопления и вентиляции, можно наблюдать, что напор на коллекторе подающей магистрали тепловой сети составляет 21,4 м. Напор на нагнетательном патрубке сетевого насоса равен 28 м, что не превышает допустимого значения из условия механической прочности стальных трубопроводов и радиаторов. Напор, развиваемый сетевыми насосами, равен 22,5 м. Статический напор выбран из условия заполнения всей системы, поддерживается подпиточными насосами. Напор подпиточных насосов 18,5 м.

По пьезометрическому графику для горячего водоснабжения видно, что напор на коллекторе в подающей магистрали тепловой сети составляет

13,6 м. Напор на нагнетательном патрубке сетевого насоса равен 17,2 м, что не превышает допустимого значения из условия механической прочности трубопроводов и арматуры. Напор, развиваемый циркуляционными насосами, равен 13 м. Статический напор выбран из условия заполнения всей системы, поддерживается подпиточными насосами. Напор подпиточных насосов 12,1 м.

Разработанный график для отопления и вентиляции удовлетворяет всем требуемым условиям, что обеспечивает возможность непосредственного присоединения абонентов по зависимой схеме.

### Механический расчет

Целью механического расчета является определение максимальных напряжений в опасных сечениях, при которых не будет превышено максимальное допустимое изгибающее напряжение, равное 110 МПа.

Расчет участков самокомпенсации проводится по методике [7].

Отношение длин компенсируемых участков:

$$Z = \frac{L_2}{L_1} \quad (3.1)$$

При расчете участков трубопроводов с гнутыми гладкими отводами при длинных прилегающих к отводу плечах гибкость отводов не учитывается. Коэффициент  $n$  в этом случае равен 1.

Расчетное удлинение плеча определяется по формуле (3.10):

$$\Delta l = \alpha \cdot L_2 \cdot (\tau - t_{p.o.}), \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, равный  $12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ;

$L_2$  – длина плеча, м;

$\tau$  – температура теплоносителя,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{p.o.}$  – расчетная температура на отопление,  $^\circ\text{C}$ ;

Напряжения в сечениях определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{\Delta l \cdot E \cdot d_H}{l_2^2} \cdot \frac{1,5}{\cos\beta} \cdot \left( \frac{(n^2 + 2 \cdot n) \cdot (Z + \sin\beta + Z \cdot \sin\beta + 1)}{Z \cdot n \cdot (n + 1)} \right) \quad (3.3)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости стали, равный  $12 \cdot 10^5$  МПа;

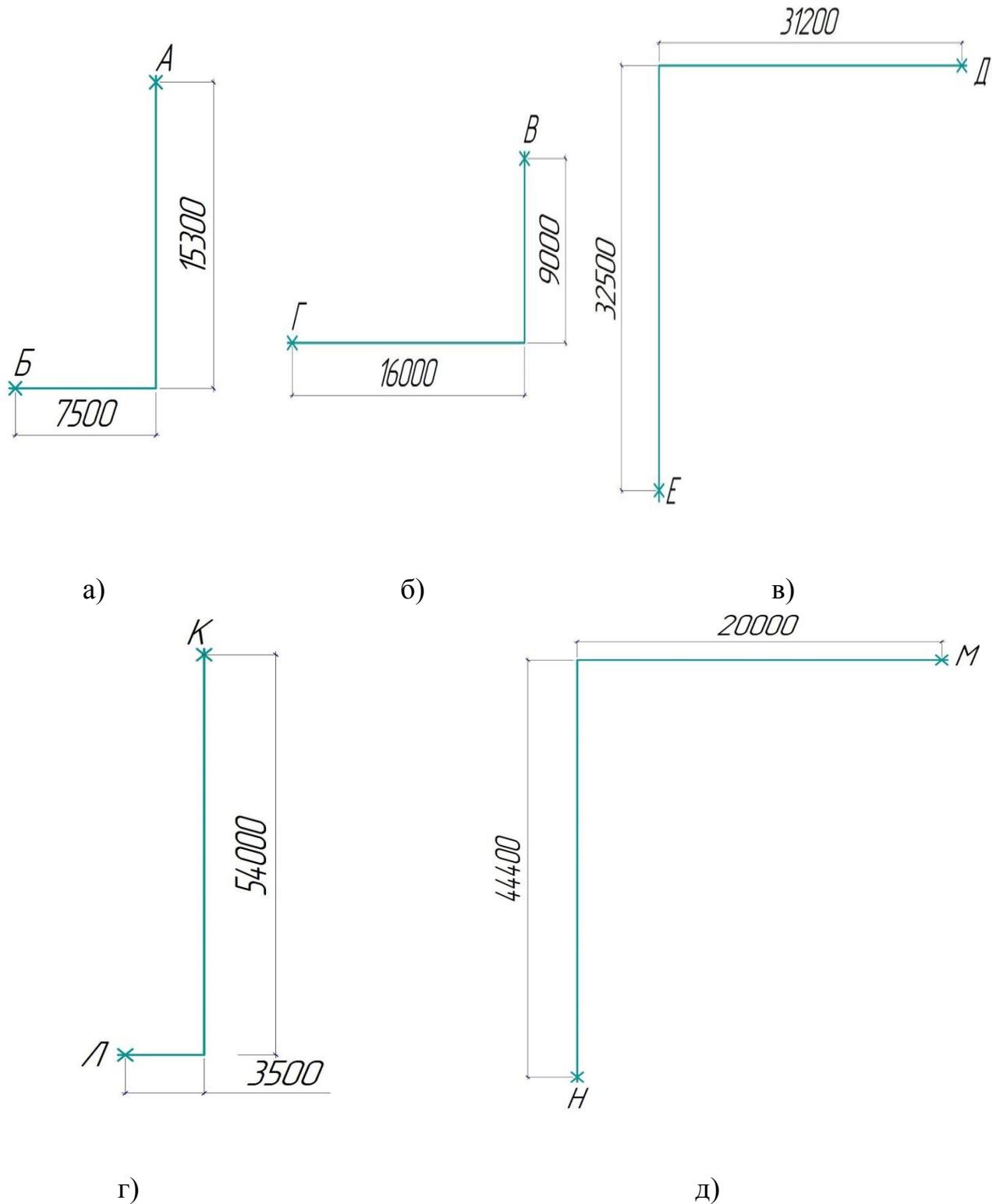


Рисунок 3.1 – Участки самокомпенсации

Расчет участка самокомпенсации 3.1 (а):

Отношение длин компенсируемых участков:  $Z = 2,04$

Расчетное удлинение плеча А и Б соответственно:

$$\Delta l_A = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 15,3 \cdot (95 + 30) = 0,023 \text{ м};$$

$$\Delta l_B = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 \cdot (95 + 30) = 0,011 \text{ м};$$

Напряжение в сечении А и Б соответственно:

$$\sigma_A = \frac{0,023 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,152}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (2,04 + \sin 0^\circ) + 2,04 \cdot \sin 0^\circ + 1}{2,04 \cdot 1 \cdot (1 + 1)} \right) = 18,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_B = \frac{0,011 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,152}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (2,04 + \sin 0^\circ) + 2,04 \cdot \sin 0^\circ + 1}{2,04 \cdot 1 \cdot (1 + 1)} \right) = 8,8 \text{ МПа};$$

Так как  $\sigma_A < \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_B < \sigma_{\text{доп}}$  можно использовать как участки самокомпенсации. МПа;

Расчет участка самокомпенсации 3.1 (б):

Отношение длин компенсируемых участков:  $Z = 1,78$

Расчетное удлинение плеча В и Г соответственно:

$$\Delta l_B = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot (95 + 30) = 0,014 \text{ м};$$

$$\Delta l_G = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot (95 + 30) = 0,024 \text{ м};$$

Напряжение в сечении В и Г соответственно:

$$\sigma_B = \frac{0,014 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,108}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (1,78 + \sin 0^\circ) + 1,78 \cdot \sin 0^\circ + 1}{1,78 \cdot 1 \cdot (1 + 1)} \right) = 10,0 \text{ МПа};$$

$$\sigma_G = \frac{0,024 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,108}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (1,78 + \sin 0^\circ) + 1,78 \cdot \sin 0^\circ + 1}{1,78 \cdot 1 \cdot (1 + 1)} \right) = 17,1 \text{ МПа};$$

Так как  $\sigma_B < \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_G < \sigma_{\text{доп}}$  можно использовать как участки самокомпенсации.

Расчет участка самокомпенсации 3.1 (в):

Расчетное удлинение плеча Д и Е соответственно:  $Z = 1,04$

$$\Delta l_D = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 31,2 \cdot (95 + 30) = 0,047 \text{ м};$$

$$\Delta l_E = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 32,5 \cdot (95 + 30) = 0,049 \text{ м};$$

Напряжение в сечении Д и Е:

$$\sigma_A = \frac{0,067 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,089}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (2,22 + \sin 0^\circ) + 2,22 \cdot \sin 0^\circ + 1}{2,22 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 30,9 \text{ МПа};$$

$$\sigma_E = \frac{0,049 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,108}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (1,04 + \sin 0^\circ) + 1,04 \cdot \sin 0^\circ + 1}{1,04 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 31,4 \text{ МПа};$$

Так как  $\sigma_D < \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_E < \sigma_{\text{доп}}$  можно использовать как участки самокомпенсации.

Расчет участка самокомпенсации 3.1 (г):

Отношение длин компенсируемых участков:  $Z = 15,43$

Расчетное удлинение плеча К и Л соответственно:

$$\Delta l_K = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 54 \cdot (95 + 30) = 0,081 \text{ м};$$

$$\Delta l_L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5 \cdot (95 + 30) = 0,0053 \text{ м};$$

Напряжение в сечении К и Л соответственно:

$$\sigma_K = \frac{0,081 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,076}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (15,43 + \sin 0^\circ) + 15,43 \cdot \sin 0^\circ + 1}{15,43 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 28,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_L = \frac{0,0053 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,076}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (15,43 + \sin 0^\circ) + 15,43 \cdot \sin 0^\circ + 1}{15,43 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 81,9 \text{ МПа};$$

Так как  $\sigma_K < \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_L < \sigma_{\text{доп}}$  можно использовать как участки самокомпенсации.

Расчет участка самокомпенсации 3.1 (д):

Отношение длин компенсируемых участков:  $Z = 2,22$

Расчетное удлинение плеча Н и М соответственно:

$$\Delta l_H = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 44,4 \cdot (95 + 30) = 0,067 \text{ м};$$

$$\Delta l_M = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot (95 + 30) = 0,03 \text{ м};$$

Напряжение в сечении Д и Е соответственно:

$$\sigma_H = \frac{0,067 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,089}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (2,22 + \sin 0^\circ) + 2,22 \cdot \sin 0^\circ + 1}{2,22 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 30,9, \text{ МПа};$$

$$\sigma_M = \frac{0,03 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,089}{10^2} \cdot \frac{1,5}{\cos 0^\circ} \cdot \left( \frac{(1^2 + 2 \cdot 1) \cdot (2,22 + \sin 0^\circ) + 2,22 \cdot \sin 0^\circ + 1}{2,22 \cdot 1 \cdot (1+1)} \right) = 13,1, \text{ МПа};$$

Так как  $\sigma_H < \sigma_{\text{доп}}$ ,  $\sigma_M < \sigma_{\text{доп}}$  можно использовать как участки самокомпенсации.

### Вылет П-образных компенсаторов

Целью расчета является определение вылета компенсатора при бесканальной прокладке, если  $\sigma_{\text{доп}} = 110 \text{ МПа}$ .

Расчет вылета компенсатора проводится по методике [7].

Расчетное удлинение компенсирующего участка с учетом предварительной растяжки компенсатора:

$$\Delta l_p = \alpha \cdot L \cdot (\tau - t_{\text{н.о.}}) \cdot \varepsilon \quad (3.4)$$

где  $\alpha$  - коэффициент линейного удлинения (для стали  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ;

$L$  - расстояние между неподвижными опорами, м;

$\tau$  - температура теплоносителя,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{н.о.}}$  - расчетная температура воздуха при монтаже,  $^\circ\text{C}$ ;

$\varepsilon$  - величина предварительной растяжки ( $\varepsilon = 50\%$ ).

Отношение длин колен компенсатора:

$$n_1 = \frac{l_1}{l_2}, n_2 = \frac{l_2}{l_1} = 2, n_2 = 2 \cdot n_1 \quad (3.5)$$

Определяется величина максимального напряжения:

$$C = \frac{1,5}{3 \cdot 1 + 2 - \frac{n_1 + 1}{n_2 - n_1 + 1}} = 0,375 \quad (3.6)$$

Вылет компенсатора, м:

$$l = \sqrt{\frac{\Delta l_p \cdot E \cdot d_n \cdot C}{\sigma_{\text{доп}}}} \quad (3.7)$$

Расчет компенсатора К9 с  $d_n \times S = 108 \times 4$  мм со сварными коленами ( $R=0$ ,  $K=1$ ,  $m=1$ ). Схема компенсатора показана на рисунке 3.2.

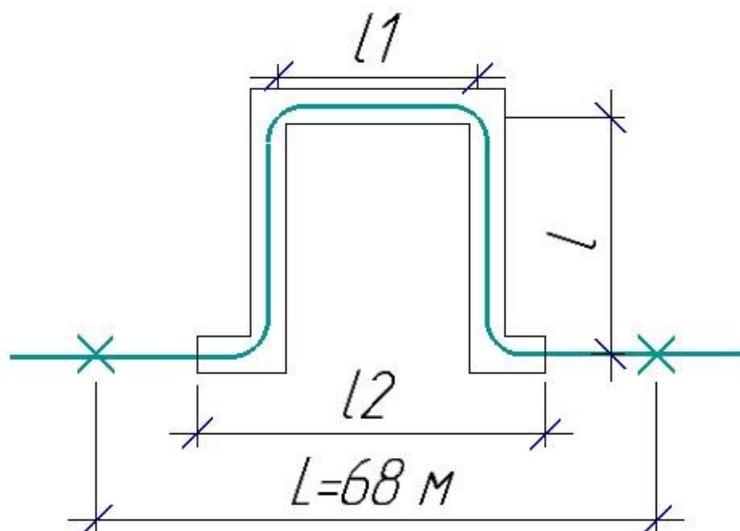


Рисунок 3.2 – Схема компенсатора К9

Расчетное удлинение компенсирующего участка с учетом предварительной растяжки компенсатора:

$$\Delta l_p = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 68 \cdot (95 + 30) \cdot 0,5 = 0,051 \text{ м};$$

Величина максимального напряжения:

$$C = \frac{1,5}{3 \cdot 1 + 2 - \frac{1+1}{2-1+1}} = 0,375$$

Вылет компенсатора при этом равен:

$$l = \sqrt{\frac{0,051 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,108 \cdot 0,375}{110}} = 2 \text{ м}$$

Тогда  $l_1 = 2$  м.,  $l_2 = 4$  м.

Расчет вылета компенсаторов приведен в приложении А.

### 3.4 Расчет и подбор тепловой изоляции

В качестве тепловой изоляции трубопроводов при бесканальной прокладке применяется основной слой из пенополиуретана и покровной слой, состоящий из двух слоев бризола. Основанием выбора тепловой изоляции из пенополиуретана является низкий коэффициент теплопроводности, что позволяет минимизировать толщину изоляционного слоя, также изоляция из пенополиуретана обладает высокой долговечностью. Для предохранения основного слоя от увлажнений применяется гидроизоляционное покрытие из бризола, поскольку бризол отличается повышенной водостойкостью.

Целью расчета является определение толщины тепловой изоляции, определение потерь тепла изолированными и неизолированными теплопроводами.

Исходные данные для расчета: бризол с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{ис}} = 0,175 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ ; пенополиуретан с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{и}} = 0,019 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ , принятый по [8]. Глубина заложения трубопровода составляет 1,5 м. Среднегодовая температура грунта на глубине заложения  $t_0 = +5,6 \text{ °C}$ .

Толщина тепловой изоляции подбирается согласно [9].

При бесканальной прокладке трубопроводов теплопроводность основного слоя теплоизоляционной конструкции определяется по формуле:

$$\lambda_{\text{из}} = \lambda'_{\text{из}} \cdot K_{\text{ув}} \quad (3.8)$$

где  $K_{\text{ув}}$  – коэффициент, учитывающий увеличение теплопроводности от увлажнения, принимаемый в зависимости от вида теплоизоляционного материала и типа грунта ( $K_{\text{ув}} = 1,1$ ), принятый по [9].

$$\lambda_{\text{из}} = 0,019 \cdot 1,1 = 0,021 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$$

Расчет эффективности тепловой изоляции для участка с  $d_{\text{н}} \times S = 152 \times 4,5, \text{ мм}$

Наружный диаметр покровного слоя подающего и обратного теплопроводов соответственно, м:

$$d_{и1} = 0,152 + 2 \cdot 0,11 = 0,372 \text{ м}$$

$$d_{и2} = 0,152 + 2 \cdot 0,1 = 0,352 \text{ м}$$

$$d_{пс1} = 0,372 + 2 \cdot 0,006 = 0,384 \text{ м}$$

$$d_{пс2} = 0,352 + 2 \cdot 0,006 = 0,364 \text{ м}$$

Термическое сопротивление грунта у подающего и обратного теплопроводов, (м · °C)/Вт:

$$R_{гр1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,74} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5}{0,384} = 0,252 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

$$R_{гр2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,74} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5}{0,364} = 0,256 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

Термическое сопротивление основного изоляционного слоя подающего и обратного теплопроводов, (м · °C)/Вт:

$$R_{и1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,021} \cdot \ln \frac{0,372}{0,152} = 6,79 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

$$R_{и2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,021} \cdot \ln \frac{0,352}{0,152} = 6,37 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

Термическое сопротивление покровного слоя из бризола для подающего и обратного теплопроводов, (м · °C)/Вт:

$$R_{пс1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,021} \cdot \ln \frac{0,384}{0,372} = 0,029 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

$$R_{пс2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,021} \cdot \ln \frac{0,364}{0,352} = 0,031 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

Суммарное термическое сопротивление для подающего и обратного теплопроводов, (м · °C)/Вт:

$$R_1 = 6,79 + 0,029 + 0,252 = 7,07 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

$$R_2 = 6,37 + 0,031 + 0,256 = 6,65 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

Взаимное влияние двух труб, уложенных бесканально, учитывается условным термическим сопротивлением, (м · °C)/Вт:

$$R_y = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,74} \cdot \ln \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 1,5}{0,5}\right)^2 + 1} = 0,165 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт}$$

Удельные потери теплоты подающим и обратным теплопроводами, Вт/м:

$$q_1 = \frac{(60,09 - 5,6) \cdot 6,65 - (48,012 - 5,6) \cdot 0,165}{7,07 \cdot 6,65^2 - 0,165^2} = 7,57 \text{ Вт/м;}$$

$$q_2 = \frac{(48,012 - 5,6) \cdot 6,65 - (60,09 - 5,6) \cdot 0,165}{7,07 \cdot 6,65^2 - 0,165^2} = 6,19 \text{ Вт/м;}$$

Суммарные потери теплоты двумя изолированными теплопроводами, Вт/м:

$$q^n = 7,57 + 6,19 = 13,7 \text{ Вт/м;}$$

Термическое сопротивление грунта при неизолированных теплопроводах:

$$R_{\text{гр.н.}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,74} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5}{0,152} = 0,336 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт;}$$

Термическое сопротивление подающего и обратного неизолированных теплопроводов, (м · °C)/Вт:  $R_n = 0,336 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт;}$

Удельные теплотери подающего и обратного неизолированных теплопроводов, Вт/м:

$$q_1^n = \frac{(60,09 - 5,6) \cdot 0,336 - (48,012 - 5,6) \cdot 0,165}{0,336^2 - 0,165^2} = 132,02 \text{ Вт/м;}$$

$$q_2^n = \frac{(48,012 - 5,6) \cdot 0,336 - (60,09 - 5,6) \cdot 0,165}{0,336^2 - 0,165^2} = 61,39 \text{ Вт/м;}$$

Суммарные удельные потери теплоты двумя неизолированными теплопроводами, Вт/м:

$$q^n = 132,02 + 61,39 = 193,42 \text{ Вт/м;}$$

Эффективность тепловой изоляции, %:

$$\eta = \frac{193,42 + 13,76}{193,42} = 93\% \text{ - эффективность тепловой изоляции в пределах}$$

нормы. Расчет толщины тепловой изоляции приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет толщины тепловой изоляции

$D_n$ , мм	$\delta_{и1}$ , м	$\delta_{и2}$ , м	$\delta_{пс}$ , м	$d_{и1}$ , м	$d_{и2}$ , м	$d_{пс1}$ , м	$d_{пс2}$ , м	$R_{гр1}$ , (м·°C)/B т	$R_{гр2}$ , (м·°C)/B т	$R_{и1}$ , (м·°C)/ Вт	$R_{и2}$ , (м·°C)/B т	$R_{пс1}$ , (м·°C)/B т	$R_{пс2}$ , (м·°C)/B т	$R_1$ , (м·°C)/B т	$R_2$ , (м·°C)/ Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,152	0,11	0,1	0,012	0,372	0,352	0,384	0,364	0,251	0,256	6,79	6,36	0,029	0,031	7,067	6,654
0,133	0,09	0,08	0,012	0,313	0,293	0,325	0,305	0,266	0,272	6,49	5,98	0,034	0,037	6,791	6,298
0,108	0,07	0,06	0,012	0,248	0,228	0,26	0,24	0,287	0,294	6,30	5,66	0,043	0,047	6,634	6,007
0,089	0,06	0,05	0,012	0,209	0,189	0,221	0,201	0,302	0,311	6,47	5,71	0,051	0,056	6,826	6,077
0,076	0,05	0,04	0,012	0,176	0,156	0,188	0,168	0,316	0,327	6,37	5,45	0,06	0,067	6,744	5,847
0,057	0,05	0,04	0,012	0,157	0,137	0,169	0,149	0,326	0,338	7,68	6,64	0,067	0,076	8,076	7,063
0,045	0,04	0,03	0,012	0,125	0,105	0,137	0,117	0,345	0,360	7,75	6,42	0,083	0,098	8,176	6,883
0,038	0,04	0,03	0,012	0,118	0,098	0,13	0,11	0,350	0,365	8,60	7,18	0,088	0,105	9,031	7,655
0,032	0,04	0,03	0,012	0,112	0,092	0,124	0,104	0,354	0,371	9,50	8,00	0,093	0,112	9,947	8,49
0,133	0,09	0,08	0,012	0,313	0,293	0,325	0,305	0,267	0,273	6,49	5,98	0,034	0,037	6,791	6,298
0,108	0,07	0,06	0,012	0,248	0,228	0,26	0,24	0,287	0,294	6,30	5,66	0,043	0,047	6,634	6,007
0,089	0,06	0,05	0,012	0,209	0,189	0,221	0,201	0,302	0,311	6,47	5,71	0,051	0,056	6,826	6,077
0,045	0,04	0,03	0,012	0,125	0,105	0,137	0,117	0,346	0,360	7,75	6,42	0,083	0,098	8,176	6,883
0,038	0,04	0,03	0,012	0,118	0,098	0,13	0,11	0,351	0,366	8,60	7,18	0,088	0,105	9,031	7,655

Продолжение таблицы – 3.7

$\tau_1, ^\circ\text{C}$	$\tau_2, ^\circ\text{C}$	$q_1, \text{Вт/м}$	$q_2, \text{Вт/м}$	$\Sigma q_{\text{и}}, \text{Вт/м}$	$R_{\text{н}}, (\text{м}\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}$	$q_{1\text{н}}, \text{Вт/м}$	$q_{2\text{н}}, \text{Вт/м}$	$\Sigma q_{\text{н}}, \text{Вт/м}$	$\eta, \%$
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
60,09	48,012	7,56	6,18	13,75	0,336	132,02	61,39	193,41	92,9
60,09	48,012	7,86	6,52	14,39	0,336	132,02	61,39	193,41	92,6
60,09	48,012	8,04	6,83	14,88	0,336	132,02	61,39	193,41	92,3
60,09	48,012	7,81	6,76	14,58	0,336	132,02	61,39	193,41	92,5
60,09	48,012	7,91	7,02	14,93	0,336	132,02	61,39	193,41	92,3
60,09	48,012	6,62	5,84	12,47	0,336	132,02	61,39	193,41	93,5
60,09	48,012	6,54	6,00	12,54	0,336	132,02	61,39	193,41	93,5
60,09	48,012	5,93	5,41	11,34	0,336	132,02	61,39	193,41	94,1
60,09	48,012	5,39	4,89	10,28	0,336	132,02	61,399	193,41	94,7
70	40	9,35	5,21	14,57	0,336	186,32	10,88	197,21	92,6
70	40	9,57	5,46	15,03	0,336	186,32	10,88	197,21	92,4
70	40	9,31	5,41	14,711	0,336	186,32	10,88	197,21	92,5
70	40	7,77	4,81	12,59	0,336	186,32	10,88	197,21	93,6
70	40	7,05	4,34	11,39	0,336	186,32	10,88	197,21	94,2

## 4 КОТЕЛЬНАЯ

### 4.1 Подбор котельных агрегатов

В соответствии с [10] расчетная тепловая мощность котельной определяется как сумма максимальных часовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и средних часовых расходов тепловой энергии на горячее водоснабжение.

Определив максимальную часовую выработку тепла в котельной, выбирается тип и число котельных агрегатов. Резервные котлы разрешается не устанавливать, так как теплота отпускаемая потребителям второй категории (жилых домов и объектов социальной сферы) при выходе из строя одного котла не нормируется.

Максимальная часовая выработка тепла в котельной составила 5,1МВт, таким образом, для обеспечения требуемой теплопроизводительности к установке принимаются 4 котла типа КВ-ГМ-1,5-115, технические характеристики которого представлены в таблице 4.1 [11].

Таблица 4.1 – Технические характеристики котла КВ-ГМ-1,5-115Н

Номинальная теплопроизводительность, МВт	1,5
Вид топлива: природный газ	ГОСТ 5542-87
Рабочее давление воды, МПа	0,7
Температура воды на входе, °С	70
Температура воды на выходе, °С	115°С
Гидравлическое сопротивление, МПа	0,025
Диапазон регулирования теплопроизводительности по отношению к номинальной, %	30...100
Масса котла без горелки, кг	2900
Расход воды через котёл, м <sup>3</sup> /ч	28,7
Средняя наработка на отказ, не менее, ч.	3000
КПД котла, % , не менее, газ	93
Срок службы котла, не менее, г.	10
Суммарное аэродинамическое сопротив., Па	1000
Температура уходящих газов, °С, газ.	155
Водяной объем, м <sup>3</sup>	1,3
Длина жаровой трубы/диаметр, мм.	2165/830

Количество тепла, расходуемого на горячее водоснабжение в теплый период года, составило 1,4 МВт, следовательно, при летнем режиме для обеспечения горячего водоснабжения потребителей достаточно одного котла.

## **4.2 Разработка тепловой схемы**

Тепловая схема котельной представлена на рисунке 4.1.

Водопроводная вода подается в систему химводоочистки 9, где снижается концентрация солей жесткости. Очищенная вода поступает в водогрейные котлы 1, где она нагревается до температуры 115°C. Нагретая котловая вода поступает в теплообменник 2. Проходя через теплообменник, остывшая вода поступает к котлам с температурой 70°C. Сетевая вода из обратного трубопровода с температурой 70°C заходит в теплообменник 2, где нагревается до температуры 95°C. Движение воды в системе отопления и вентиляции осуществляется за счет работы сетевого насоса 4, установленного на обратной линии.

Нагретая вода из котельного контура поступает в теплообменник 3. Сетевая вода из обратного трубопровода с температурой 40°C заходит в теплообменник 3, где нагревается до температуры 70°C. Движение воды в системе горячего водоснабжения осуществляется за счет работы циркуляционного насоса 5, установленного на обратной линии.

Для возмещения потерь в системе отопления и вентиляции используется химически очищенная вода, движение которой осуществляется с помощью подпиточного насоса 7. Для подпитки системы ГВС используется водопроводная вода. Непрерывная циркуляция воды в контуре от котельной обеспечивается котловым насосом 9. Восполнение потерь в котельном контуре осуществляется с помощью подпиточного насоса 6.

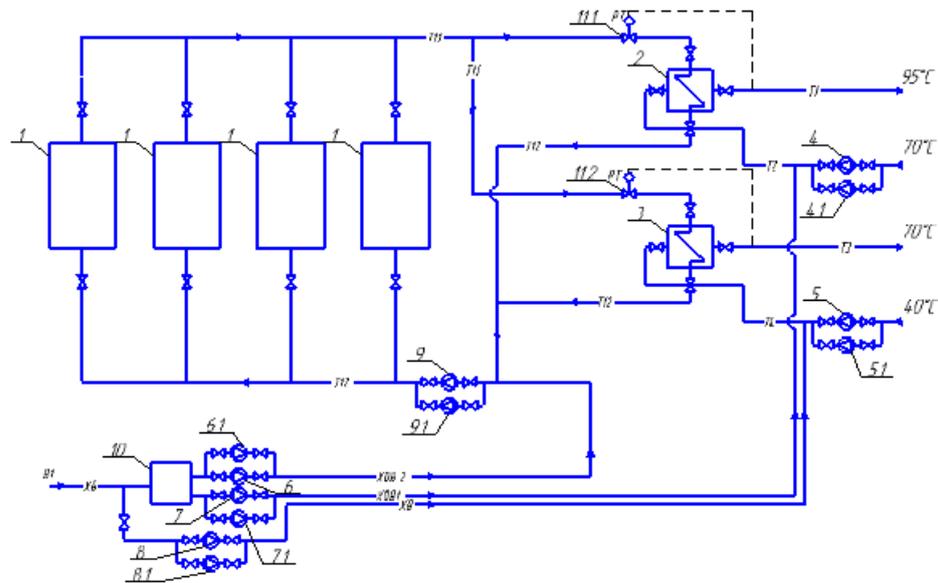


Рисунок 4.1 – Тепловая схема котельной

1 – водогрейный котел, 2 – теплообменник системы отопления и вентиляции, 3 – теплообменник системы горячего водоснабжения, 4, 4.1 – сетевой насос системы отопления, 5, 5.1 – циркуляционный насос системы горячего водоснабжения, 6, 6.1 – подпиточный насос котлового контура, 7, 7.1 – подпиточный насос сетевого контура отопления; 8, 8.1 – подпиточный насос сетевого контура горячего водоснабжения, 9, 9.1 – котловой насос, 10 – система ХВО, 11.1, 11.2 – регулятор температуры

### 4.3 Расчет и подбор вспомогательного оборудования

#### Подбор теплообменников

Подбор теплообменников производится по теплопроизводительности и по площади нагрева. Поверхности нагрева теплообменников должны быть несколько больше требуемых по расчету, то есть поверхность нагрева теплообменников подбирается с определенным запасом.

Теплопроизводительность теплообменника определяется из уравнения теплового баланса:

$$Q = c_v \cdot G_{\text{греющ.}} \cdot (t_{\text{греющ.}}^{\text{ВХ}} - t_{\text{греющ.}}^{\text{ВЫХ}}) = c_v \cdot G_{\text{нагрев.}} \cdot (t_{\text{нагрев.}}^{\text{ВХ}} - t_{\text{нагрев.}}^{\text{ВЫХ}}) \quad (4.1)$$

Площадь поверхности нагрева теплообменника определяется по формуле:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t \cdot \eta} \quad (4.2)$$

где  $Q$  – количество передаваемой теплоты, ккал/ч;

$k$  – коэффициент теплопередачи теплообменника, кВт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\eta$ -коэффициент, учитывающий потери теплоты от наружного охлаждения, принимается равным 0,98;

$\Delta t$ - среднелогарифмический температурный напор, °С:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} \quad (4.3)$$

Расчет теплообменника 3 для системы горячего водоснабжения:

Среднелогарифмический температурный напор:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{(115 - 70) - (70 - 40)}{\ln\left(\frac{115 - 70}{70 - 40}\right)} = 37 \text{ °С}$$

Расход греющей воды определяется из уравнения теплового баланса:

$$G_{\text{греющ.}} = \frac{1303411}{1 \cdot (115 - 70)} = 26,8 \text{ т/ч};$$

Теплопроизводительность теплообменника составляет:

$$Q = 4,187 \cdot 26800 \cdot (115 - 70) = 5049522 \text{ кДж/ч} = 1402 \text{ кВт}$$

Площадь поверхности нагрева теплообменника:

$$F = \frac{1402}{2 \cdot 37 \cdot 0,98} = 19,3 \text{ м}^2$$

По полученной площади поверхности нагрева теплообменника к установке по каталогу [12] принят разборный пластинчатый теплообменник серии XG 31Н-1 004В1402 производства «Danfoss». Технические характеристики теплообменника XG 31Н-1 004В1402 приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Технические характеристики теплообменника XG 31Н-1 004В1402

Наименование изделия	XG 31Н-1 004В1402
Кол-во пластин, шт.	140
Площадь теплообмена, м <sup>2</sup>	19,46
Длина, мм	750
Ширина, мм	360
Высота, мм	965
Масса, кг	340,8

Расчет теплообменника для системы отопления и вентиляции:

Среднеарифметический температурный напор:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{(115 - 70) - (95 - 70)}{\ln\left(\frac{115 - 70}{95 - 70}\right)} = 34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расход греющей воды из уравнения теплового баланса:

$$G_{\text{греющ.}} = \frac{2494210}{1 \cdot (115 - 70)} = 55,4 \text{ т/ч;}$$

Теплопроизводительность теплообменника составляет:

$$Q = 4,187 \cdot 55400 \cdot (115 - 70) = 10438191 \text{ кДж/ч} = 2900 \text{ кВт}$$

Площадь поверхности нагрева теплообменника:

$$F = \frac{2900}{2 \cdot 34 \cdot 0,98} = 43,5 \text{ м}^2$$

По полученной площади поверхности нагрева к установке принят разборный пластинчатый теплообменник серии XG 50-1 004В1097 производства «Danfoss». Технические характеристики теплообменника XG 50-1 004В1097 приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Технические характеристики теплообменника XG 50-1 004В1097

Наименование изделия	XG 50-1 004В1097
Кол-во пластин, шт.	110
Площадь теплообмена, м <sup>2</sup>	46,44
Длина, мм	1000
Ширина, мм	540
Высота, мм	1458
Масса, кг	583

## Расчет и подбор насосного оборудования

Требуемый напор сетевых насосов системы отопления и вентиляции:  $H = 22,5$  м., расход сетевой воды:  $G = 99,7$  м<sup>3</sup>/ч. По каталогу [13] подбирается насос Grundfos NBG 100-80-160/169 A-F2-A-BAQE. Характеристика насоса представлена в приложении Б.

Требуемый напор циркуляционных насосов системы горячего водоснабжения:  $H = 13$  м., расход сетевой воды:  $G = 40,1$  м<sup>3</sup>/ч. Подбирается насос Grundfos TPE3 50-240-S A-F-A-BQQE - 98438011. Характеристика насоса представлена в приложении В.

Расход воды подпиточного насоса системы отопления и вентиляции равен  $G = 1,9$  м<sup>3</sup>/ч. Развиваемый напор равен напору статического давления в тепловой сети  $H = 18,5$  м. Подбирается насос Grundfos CR 1-7 A-A-A-E-HQQE – 96556495. Характеристика насоса представлена в приложении Г.

Расход воды подпиточного насоса системы горячего водоснабжения равен  $G = 0,8$  м<sup>3</sup>/ч. Развиваемый напор равен напору статического давления в тепловой сети  $H = 12,1$  м. Подбирается насос CR 1-5 A-A-A-E-HQQE - 96556493. Характеристика насоса представлена в приложении Д.

Расход воды через котловой насос равен  $G = 115$  м<sup>3</sup>/ч. Развиваемый напор равен  $H = 12$  м. Подбирается насос Grundfos NBE 65-125/127 A-F2-A-E-BAQE – 99099772. Характеристика насоса представлена в приложении Е.

Расход воды через подпиточный насос для котлового контура равен  $G = 2,3$  м<sup>3</sup>/ч. Развиваемый напор равен  $H = 12$  м. По программе каталогу подбирается насос CM3-3 A-R-A-E-AVBE – 96935729 . Характеристика насоса представлена в приложении Ж.

## Подбор оборудования очистки воды

Надежная работа котельной установки зависит от качества воды, применяемой для питания котлов. Водоподготовительная установка предназначена для умягчения воды с целью предотвращения образования на внутренних поверхностях котлов, теплообменников отложений солей жесткости.

Для подпитки котлов и системы отопления и вентиляции используется водопроводная вода со следующими физико-химическими показателями:  $\text{pH}=7,25$ ;  $\text{H}_2\text{S} = 4,45$  мг/л,  $\text{Ca}^{2+} = 64,9$  мг/л;  $\text{Mg}^{2+} = 38,4$  мг/л;  $\text{HCO}_3 = 39,1$  мг/л;  $\text{SO}_4^{2-} = 53,4$  мг/л;  $\text{Cl}^+ = 3$  мг/л, жесткость 2,14 мг-экв/л.

В котельных в качестве обработки воды в соответствии с требованиями [14] допускается применение магнитной обработки воды при исходной воде с жесткостью не более 4 мг-экв/л.

В качестве основного оборудования водоподготовительной установки применяется гидромагнитная система водоподготовки. Гидромагнитные системы предотвращают образование и очистку стенок трубопроводов и теплообменных поверхностей нагрева от накипи и коррозии. Применение гидромагнитной системы водоподготовки приводит качество воды в соответствии с санитарными и гигиеническими нормами и требованиями.

Основными преимуществами гидромагнитной системы водоподготовки являются: возможность обработки воды без применения химических реагентов, отсутствие расхода электроэнергии и технического обслуживания, длительный срок эксплуатации.

Действие системы ГМС основано на принципе магнитной обработки воды магнитным полем. Под действием магнитного поля содержащиеся в воде силикаты, магниевые и кальциевые соли, теряют способность формироваться в виде плотного камня и выделяются в виде легкоудаляемого шлама, который удаляется потоком воды и скапливается в грязевиках. Кроме

того, обработанная таким образом вода разбивает и удаляет уже отложившуюся накипь и препятствует в дальнейшем ее образованию [15].

Устройство ГМС подбирается по суммарному расходу воды на подпитку котлов и системы отопления и вентиляции:

$$G = 2,3 + 1,9 = 4,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По техническому каталогу [16] подбирается устройство гидромагнитной обработки воды модели ГМС-20П, технические характеристики представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Характеристики ГМС-20П

Характеристики	ГМС-20П
Диаметр, мм	20
Производительность, м <sup>3</sup> /ч:	
min:	0,5
max:	4,5
Корпус устройства	Нержавеющая сталь
Корпус магнитной системы	Нержавеющая сталь
Тип присоединения	Наружное резьбовое
Тип магнитов	Высокоэнергетические магниты
Установка	Горизонтальное
Сохранение магнитной энергии, %	0,2
Потери магнитных свойств, кДж/м <sup>3</sup>	280
Температура воды, °С	0-125

### Расчет и подбор дымовой трубы

Целью расчета является определение необходимой высоты выброса и конструктивных размеров трубы.

Методика расчета приведена в [17].

Суммарный объем дымовых газов котельных агрегатов, м<sup>3</sup>/с :

$$V_d = 0,193 \cdot (13,623 + 0,05 \cdot 10,94) \cdot \frac{273 + 155}{273} = 4,28 \text{ м}^3/\text{с}$$

Количество выбрасываемого в атмосферу сернистого газа при сжигании газообразного топлива, г/с:

$$M_{\text{SO}_2} = 20 \cdot 1,4 \cdot 0,193 = 5,4 \text{ г/с}$$

Количество выбрасываемого в атмосферу окислов азота, г/с:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,034 \cdot 1,49 \cdot 0,193 \cdot 29,67 \cdot 0,85 = 0,25 \text{ г/с}$$

Количество газообразных выбросов суммируется и приводится к выбросам сернистого ангидрида, г/с:

$$M_{\text{газ}} = 5,4 - \frac{0,5}{0,085} \cdot 0,25 = 7,94 \text{ г/с}$$

Определяется высота дымовой трубы, м:

$$H = \sqrt{\frac{1 \cdot 160 \cdot 7,94 \cdot 1}{0,5 - 0,1}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{4,28 \cdot 134,6}} = 20 \text{ м}$$

Таким образом, принимаем к установке стальную дымовую трубу серии К0 высотой 20 м [18], технические характеристики представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Технические характеристики дымовой трубы

Высота дымовой трубы, м	20 м
Внутренний диаметр газохода, мм	800
Материал газохода	Нержавеющая сталь
Количество стволов газохода, шт	1

### Определение самотяги дымовой трубы

На участке газового тракта должно выполняться условие:

$$\Delta h_{\text{с.т.}} > \Delta h_{\text{дт}} \quad (4.4)$$

где  $\Delta h_{\text{с.т.}}$  – самотяга дымовой трубы, Па;

$\Delta h_{\text{дт}}$  – суммарное сопротивление дымовой трубы, Па

Если это условие не выполняется, то требуется установка дымососов для создания дополнительной тяги.

Суммарное сопротивление дымовой трубы, Па:

$$\Delta h_{\text{дт}} = \Delta h_{\text{тр}} + \Delta h_{\text{м}} \quad (4.5)$$

где  $\Delta h_{\text{тр}}$  – потери давления на трение, Па;

$\Delta h_{\text{м}}$  – потери давления в местных сопротивлениях дымовой трубы, Па;

$$\Delta h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{H \cdot \rho_{\text{г}} \cdot \omega_{\text{ВЫХ}}^2}{d_{\text{э}} \cdot 2} \quad (4.6)$$

где  $\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического трения, принимается равным для металлических труб – 0,02;

$H$  – высота дымовой трубы, м;

$\rho_{\text{г}}$  – плотность газового потока в трубе, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega_{\text{ВЫХ}}$  – скорость выхода газов из устья трубы,  $\omega_{\text{ВЫХ}} = 8,5$  м/с;

$d_{\text{э}}$  – эквивалентный диаметр трубы, м;

$$\Delta h_{\text{м}} = \xi \cdot \frac{\rho_{\text{г}} \cdot \omega_{\text{ВЫХ}}^2}{2} \quad (4.7)$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления выхода из дымовой трубы.

Самотяга дымовой трубы определяется по формуле:

$$h_{\text{с.т.}} = H \cdot g \cdot 273 \cdot 1,3 \cdot \left( \frac{1}{273 + t_{\text{в}}} - \frac{1}{273 + t_{\text{сп}} - \frac{\Delta t_{\text{тр}} \cdot H}{2}} \right) \quad (4.8)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$t_{\text{в}}$  – температура наружного воздуха, для холодного периода  $t_{\text{в}} = -30^{\circ}\text{C}$ , для переходного периода  $t_{\text{в}} = +8^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{тр}}$  – средняя температура дымовых газов,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{тр}}$  – охлаждение газов в трубе,  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$ , для стальных труб:

$$\Delta t_{\text{тр}} = \frac{0,8}{\sqrt{\frac{Q_{\text{max}}}{6,4 \cdot 10^5}}} \quad (4.9)$$

где  $Q_{\text{max}}$  – максимальная часовая производительность котельной, ккал/ч;

По формуле (4.6) определяются потери давления на трение:

$$\Delta h_{\text{тр}} = 0,02 \cdot \frac{20 \cdot 0,829 \cdot 8,5^2}{0,8 \cdot 2} = 15 \text{ Па}$$

Потери давления в местных сопротивлениях дымовой трубы:

$$\Delta h_m = 1 \cdot \frac{0,829 \cdot 8,5^2}{2} = 30 \text{ Па}$$

Суммарное сопротивление дымовой трубы составит:

$$\Delta h_{\text{ДТ}} = 15 + 30 = 45 \text{ Па}$$

Охлаждение газов в трубе:

$$\Delta t_{\text{тр}} = \frac{0,8}{\sqrt{\frac{3797621}{6,4 \cdot 10^5}}} = 0,34 \text{ } ^\circ\text{C/м};$$

Охлаждение газов по длине трубы:

$$t_{\text{охл}} = 0,34 \cdot 20 = 6,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура дымовых газов на выходе из трубы:

$$t_{\text{г.вых}} = 155 - 6,8 = 148,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя температура дымовых газов:

$$t_{\text{ср}} = \frac{155 + 148,2}{2} = 151,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

По формуле (4.8) определяется величина самотяги для холодного периода года:

$$h_{\text{с.т.}} = 20 \cdot 9,81 \cdot 273 \cdot 1,3 \cdot \left( \frac{1}{273 - 30} - \frac{1}{273 + 151,7 - \frac{0,34 \cdot 20}{2}} \right) = 120 \text{ Па}$$

Для переходного периода года:

$$h_{\text{с.т.}} = 20 \cdot 9,81 \cdot 273 \cdot 1,3 \cdot \left( \frac{1}{273 + 8} - \frac{1}{273 + 151,7 - \frac{0,34 \cdot 20}{2}} \right) = 85 \text{ Па}$$

Так по условию (4.4) самотяга дымовой трубы больше всех сопротивлений на участке от котла до устья дымовой трубы ( $120 \text{ Па} > 45 \text{ Па}$  и  $85 \text{ Па} > 45 \text{ Па}$ ), то установка дымососов для удаления дымовых газов и обеспечения нормальной работы котлов не требуется.

## 5. КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Автоматика выполняет защиту систем от аварии и разрегулировок. Управление режимами осуществляется регуляторами различного назначения и принципа действия. В качестве средств автоматизации применяют регуляторы прямого действия в сочетании с электронной автоматикой, представляющих собой современную адаптивную систему, которая без участия оператора выбирает самый экономичный режим отопления. Система управления, анализируя температуру наружного воздуха, автоматически корректирует работу клапана. Таким образом, потребитель получает требуемую температуру подающего теплоносителя, контролируемую датчиком на подающей линии.

Регулятор расхода тепловой энергии РРТЭ-1 применяется для поддержания (регулирования и контроля) температуры в контурах отопления и горячего водоснабжения по заданному температурному графику. Регулятор расхода тепловой энергии РРТЭ-1 имеет две модификации, отличающиеся регуляторами температуры (контроллерами) и рекомендуемыми областями использования. В данном проекте принимается регулятор типа РРТЭ-1.2, который при получении данных о температуре наружного воздуха подает сигнал на двухходовой клапан, происходит либо увеличение, либо уменьшение расхода воды из обратной магистрали тепловой сети [19].

Основные функциональные возможности регулятора РРТЭ-1.2:

- автоматическое регулирование по температурному графику температуры в контуре отопления;
- поддержание заданной постоянной температуры в контуре ГВС (горячего водоснабжения);
- защита системы отопления от превышения температуры обратной воды;
- контроллер имеет два независимых ПИД-регулятора, позволяющих по

индивидуальной программе одновременно регулировать температуру в двух контурах (отопления и горячего водоснабжения).

РРТЭ-1.2 состоит из микропроцессорного контроллера, клапанов регулирующих КР-1 и датчиков температуры.

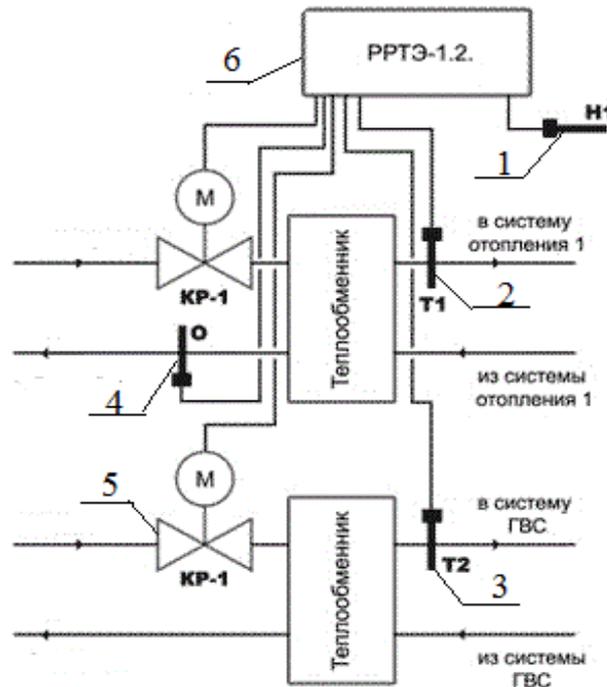


Рисунок 5.1 – Установка регулятора расхода РРТЭ-1.2

1 – датчик температуры наружного воздуха, 2,3 – датчики температуры теплоносителя, 4 – датчик температуры обратной воды, 5- клапан регулирующий с электроприводом, 6 – электронный блок

## 6 ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

### 6.1 Определение объемов работ

Общая протяженность проектируемой тепловой сети составляет 2035,3 м, монтаж производится в 3 захватки.

Захватка 1: от зданий 1,2,3,4 до котельной – 397,2 м;

Захватка 2: от зданий 6,7,8,24,5 до котельной – 503,9 м;

Захватка 3: от зданий 9, 23,11,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,18,22-1134,2 м.

Длина захватки определяется без учета тепловых камер, м:

$$l = l_{\text{зах}} - l_{\text{кам}} - l_{\text{к}} \cdot n \quad (6.1)$$

где  $l_{\text{кам}}$  – длина камеры, м;

$l_{\text{зах}}$  – длина захватки, м;

$l_{\text{к}}$  – длина компенсаторной ниши, м;

$n$  – число компенсаторных ниш.

Пример расчета захватки 1:

$$l_1 = 397,2 - 2 \cdot 3 - (2 + 1,5 + 1,4 \cdot 5) = 349,8 \text{ м}$$

Расчет длин захваток приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Длина захваток

№	$l_{\text{кам}}$ , м	$l_{\text{зах}}$ , м	$l$ , м
1	3	397,2	349,8
2	3	503,9	442,4
3	3	1134,2	1027,8

Средняя глубина траншеи, м:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n h}{n} \quad (6.2)$$

где  $\sum_1^n h$  - сумма всех глубин траншей, м;

$n$  - число сечений, равно 0,5.

Средняя глубина траншеи для каждой захватки равна 1,8 м.

Для первой захватки, в состав которой входят 3 участка с разным количеством и разными диаметрами труб:

$$a' = 1,8 \cdot 1 = 1,8 \text{ м};$$

Ширина траншеи по верху, м:

$$A_{в1} = (1,01 + 0,2 + 2 \cdot 1,8) = 4,21 \text{ м};$$

$$A_{в2} = (1,05 + 0,2 + 2 \cdot 1,8) = 4,25 \text{ м};$$

$$A_{в3} = (1,9 + 0,2 + 2 \cdot 1,8) = 5,1 \text{ м};$$

Объем траншеи с откосами, м<sup>3</sup>:

$$V_{тр1} = ((1,8 \cdot (4,21 + 0,2) + 1 \cdot 1,8^2) \cdot 60 = 532 \text{ м}^3;$$

$$V_{тр2} = ((1,8 \cdot (4,25 + 0,2) + 1 \cdot 1,8^2) \cdot 16,8 = 150 \text{ м}^3;$$

$$V_{тр3} = ((1,8 \cdot (13,53 + 0,2) + 1 \cdot 1,8^2) \cdot 320,4 = 320 \text{ м}^3;$$

Суммарный объем траншеи составляет:

$$V_{\Sigma} = 532 + 150 + 320 = 1002 \text{ м}^3$$

Аналогично рассчитываются остальные захватки, расчет приведен в приложении 3.

Глубина заложения камеры, м:

$$H_k = 0,5 + 1,81 + 0,2 = 2,51 \text{ м};$$

Длина котлована камеры:

$$A_n = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ м};$$

Ширина дна котлована камеры:

$$B_n = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ м};$$

Длина верха котлована камеры:

$$A_v = 3,5 + 2 \cdot 1,5 = 6,5 \text{ м};$$

Ширина верха котлована камеры:

$$B_v = 3,5 + 2 \cdot 1,5 = 6,5 \text{ м};$$

Площадь камеры по низу:

$$F_n = 3,5 \cdot 3,5 = 12,25 \text{ м}^2;$$

Площадь камеры по верху:

$$F_b = 6,5 \cdot 6,5 = 42,25 \text{ м}^2;$$

Объем котлована камеры:

$$V_{\text{кот.}} = \frac{1}{3} \cdot 2,51 \cdot (42,25 + 12,25 + \sqrt{42,25 + 12,25}) = 51,7 \text{ м}^3;$$

Суммарный объем 4 котлованов 1 захватки составляет 207 м<sup>3</sup>.

Объем дренажных колодцев:

$$V_{\text{кол}} = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} \cdot 10 = 17,7 \text{ м}^3$$

Суммарный объем дренажных колодцев: 35,4 м<sup>3</sup>

Остальные захватки рассчитываются аналогично, расчет сводится в приложение И.

Далее определяются объем котлована, объем обратной захватки и объем избыточного грунта,

Пример для захватки 1:

$$V_o = 1002 + 207 = 1209 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{обр.}}^{\text{зас.}} = 1209 \cdot 1,24 = 1500 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{изб}} = 1209 \cdot 1,24 - 1500 = 0 \text{ м}^3;$$

Аналогично рассчитываются остальные захватки.

Далее рассчитываются площадь планировки и средняя длина конструкций:

Пример для захватки 1:

$$A_{\text{ср}} = \frac{6,5 + 10,9}{2} = 7,71 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{пл}} = (7,71 + 4) \cdot 397,2 = 4651 \text{ м}^2;$$

Остальные захватки рассчитываются аналогично, расчет сводится в приложение К.

Данные расчётов площади вскрытия и восстановления дорожного полотна сводятся в приложение Л.

Затем составляется спецификация плетей трубопроводов, которая сведена в приложение М.

## 6.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости строительно-монтажных работ производится по рассчитанным объемам работ по [22,23,24,25].

Трудоёмкость работ, чел-дн, маш-см:

$$T_p = \frac{N_{BP} \cdot V}{8,2} \quad (6.3)$$

где  $N_{BP}$  – норма времени на единицу объёма работ, чел-час, маш-час;

$V$  – объём работ, т, шт, м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>;

8,2 – продолжительность смены в часах.

Расчет приведен в приложении Н.

## 7. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 7.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Объектом строительства является тепловая сеть в селе Камышла.

Таблица 7.1 - Технологический паспорт объекта

№	Технологический процесс	Вид работ	Наименование должности работника	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Соединение труб	Сварка стальных труб	Газосварщик	Газосварочный аппарат	Трубы стальные, газовый баллон, шлифовальная машинка

### 7.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 7.2 – Идентификация профессиональных рисков

№	Вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	Соединение труб газовой сваркой	Повышенный уровень вибрации и шума в рабочей зоне; повышенная запыленность и загазованность воздуха; повышенная яркость; повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей	При работе с газовой горелкой; при попадании пыли флюсов, подгорания масла; УФ и ИК радиация; пламя горелки; при нагреве поверхностей

### 7.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 7.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных производственных факторов

№	Опасный производственный фактор	Методы и средства защиты	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенный уровень вибрации и шума	Балансировка прибора	Костюм сварщика брезентовый, краги брезентовые, ботинки

1	2	3	4
2	Повышенная запыленность и загазованность воздуха	Нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны	кожаные с жестким подноском, беруши, респиратор, фильтрующая маска, каска строительная
3	Повышенная яркость	Экранирование участка	
4	Повышенная температура поверхностей оборудования	Экранирование участка	
5	Поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей	Нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны	

#### 7.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 7.4.1 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие на атмосферу	Негативное экологическое воздействие на гидросферу	Негативное экологическое воздействие на литосферу
Тепловые сети с. Камышла	Сварка стальных труб, земляные работы, работа электроинструментами	Выделение сварочных аэрозолей	Не предусмотрено	Выемка плодородного слоя почвы, нарушение растительного покрова

Таблица 7.4.2 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Тепловые сети с. Камышла
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Герметичность баллонов; выключение газосварочного аппарата, если он не используется
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Контроль за вредными веществами, способными попасть в воду в процессе прокладки тепловых сетей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Засеивание нарушенного растительного покрова

## **7.5 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса, перечислены технологические операции, должности работников, использующих производственно-техническое оборудование, вещества и материалы, применяемые в ходе выполнения технологического процесса. Проведена идентификация профессиональных рисков, согласно [27], по видам производимых работ, выявлены опасные производственные факторы и их источники. На основании этих данных в таблице 7.3 были предложены методы по снижению опасных производственных факторов. Средства индивидуальной защиты подобраны в соответствии с приказом министерства здравоохранения.

В таблице 7.4.1 идентифицированы негативные экологические факторы, связанные с реализацией технологического процесса и разработаны соответствующие мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте, согласно действующим требованиям нормативных документов (таблица 7.5.2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе спроектирована централизованная система теплоснабжения сельского поселения Камышла. При этом решены следующие задачи:

- Определены расчетные тепловые нагрузки, построен график часового и годового потребления тепла, выбран метод регулирования и построен график регулирования отпуска тепла.
- Определены расчетные расходы сетевой воды, сконструирована и рассчитана тепловая сеть, произведен гидравлический расчет, построен пьезометрический график, определена эффективность толщины тепловой изоляции.
- Подобраны котельные агрегаты, разработана тепловая схема, рассчитано и подобрано вспомогательное оборудование котельной.
- Разработана функциональная схема автоматизации котельной.
- Определена трудоемкость монтажных работ.
- Обеспечена безопасность и экологичность технического объекта.

Таким образом, задачи решены в полном объеме, цель данной работы достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.-01.-01.-Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095545>
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* [Электронный ресурс] – Введ. 2013.-01.-01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>
3. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Стройиздат, 1998.-432с.
4. Физические величины. Справочник. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. — М.:Энергоатомиздат, 1991. — 232 с.
5. Температура почвы и теплотери по населенным пунктам России. Самарская область [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.atlas-yakutia.ru/weather/spravochnik/temp\\_grunt/climate\\_sprav-temp\\_grunt\\_2880701675.php](http://www.atlas-yakutia.ru/weather/spravochnik/temp_grunt/climate_sprav-temp_grunt_2880701675.php)
6. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965.- 84 с.
7. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям / А.П. Сафонов. 2-е изд., перераб. / А.П. Сафонов. – М.: Энергия, 1968. – 152 с.
8. Теплоизоляционные материалы для теплопроводов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ru-truba.ru/main/izolyaciya-truboprovodov/truby-v-izolyacii-PPU-PE-PPU-OC>
9. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 [Электронный ресурс].- Введ. 2013.-01.-01. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050>

10. СП 89.13330.2012 Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.-01.-01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/120009553>
11. Технические характеристики водогрейных котлов производства ОАО "Дорогобужкотломаш" мощностью от 0,05 до 7,56 МВт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dkm.ru/documentation/documentation-for-boilers/>
12. Разборные теплообменники Danfoss XG [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.teploprofi.com/razbornie-plastinchatie-teploobmenniki-odnohodovie/>
13. Программа поиска и подбора оборудования Grundfos Product Center (GPC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://product-selection.grundfos.com/product-detail.front-page.html?from\\_suid=149530574887104720122109555138&pumpsystemid=227786650&qcid=227786675](http://product-selection.grundfos.com/product-detail.front-page.html?from_suid=149530574887104720122109555138&pumpsystemid=227786650&qcid=227786675)
14. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов [Электронный ресурс]. Введ. 1996.-07.-01. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001264>
15. Устройство гидромагнитной системы [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://bestgms.ru/magnitnye-sistemy/gidromagnitnaya-sistema-2>
16. Устройства магнитной обработки воды ГМС. Технический каталог [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://inhibitors.ru/product/gms-20p>
17. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200031340>
18. Производство промышленных дымовых труб для котельной [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://mksdt.ru/seriya-k0/>

19. РРТЭ-1 регулятор расхода тепловой энергии с электроприводом [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.teplocontrol-sm.ru/RRTE-1.html>
20. СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.-01.-01.-Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200092708>
21. ЕНиР Сборник Е20. Ремонтно-строительные работы. Выпуск 2. Автомобильные дороги и искусственные сооружения [Электронный ресурс] . – Введ. 1986.-12.-05.- Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200001050>
22. ЕНиР Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные земляные работы [Электронный ресурс]. – Введ. 1986.-12.-05.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001082>
23. ЕНиР Сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Выпуск 2. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. – Введ. 1986.-12.-05.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001043>
24. ЕНиР Сборник Е22. Сварочные работы. Выпуск 2. Трубопроводы [Электронный ресурс]. – Введ. 1986.-12.-05.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001107>
25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1976.-01.-01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-0-003-74-ssbt>
26. ГОСТ 12.2.007.8-75 ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки требования безопасности (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]. - Введ. 1978.- 01.- 01. -Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-2-007-8-75-ssbt>

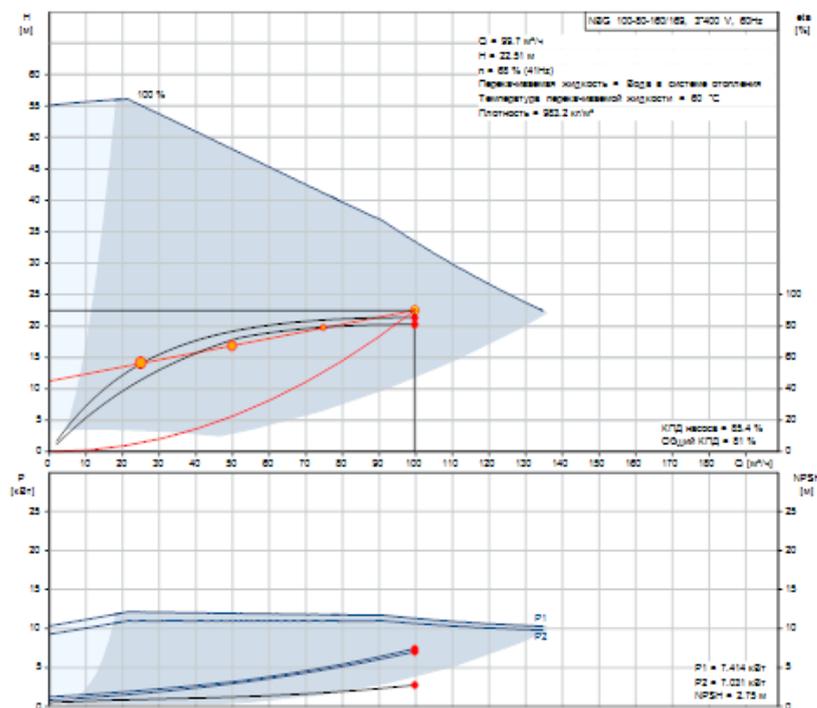
27. ГОСТ 12.2.008-75 ССБТ. Оборудование и аппаратура для газопламенной обработки металлов и термического напыления покрытий. Требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3) [Электронный ресурс]. – Введ. 1977.-01.-01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-2-008-75-ssbt>
28. ГОСТ 12.2.007.0-75. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. - Введ. 1978.- 01.- 01. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-2-007-0-75-ssbt>
29. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]. - Введ. 2014.- 01.- 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505>
30. ГОСТ Р 12.0.010-2009. ССБТ. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков [Электронный ресурс]. - Введ. 2011.- 01.- 01. -Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200>

Приложение А

Вылет П-образных компенсаторов

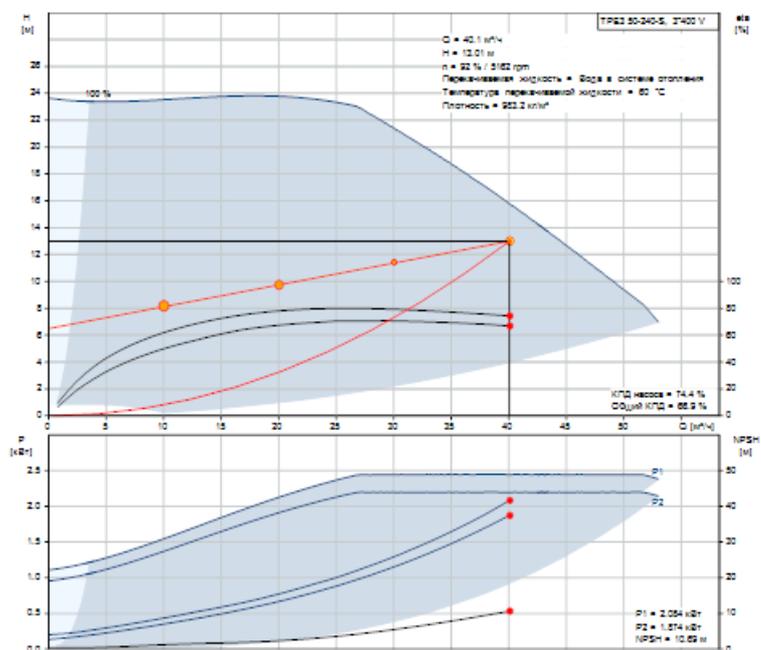
Компенсатор	$d_n$ , мм	$\tau_1$ , °C	$\tau_2$ , °C	L, м	$\Delta l_{p.подача}$ , м	$\Delta l_{p.обр.}$ , м	$l_{подача}$ , м	$l_{обр.}$ , м	$l_{2,подача}$ , м	$l_{2,обр.}$ , м
K7	0,133	125	100	70	0,052	0,042	2,1	1,9	4,4	3,9
	0,108	100	70	70	0,042	0,029	1,7	1,4	3,5	2,9
K8	0,133	125	100	68,5	0,051	0,041	2,1	1,9	4,3	3,9
	0,108	100	70	68,5	0,041	0,028	1,7	1,4	3,5	2,9
K9	0,108	125	100	68	0,051	0,041	2,0	1,7	4,0	3,5
	0,108	100	70	68	0,040	0,028	1,7	1,4	3,5	2,9
K10,K11	0,108	125	100	49	0,036	0,029	1,6	1,4	3,3	2,9
	0,108	100	70	49	0,029	0,021	1,4	1,2	2,9	2,5
K12	0,089	125	100	51	0,038	0,031	1,5	1,3	3	2,7
K13	0,089	125	100	40	0,03	0,024	1,3	1,2	2,7	2,4
K14,15,16	0,108	125	100	59	0,044	0,035	1,8	1,6	3,6	3,2
	0,089	100	70	59	0,035	0,024	1,4	1,2	2,9	2,5
K17	0,108	125	70	28,3	0,021	0,012	1,2	0,9	2,5	1,9
	0,089	100	70	28,3	0,016	0,012	1,0	0,8	2	1,7
K18	0,108	125	100	21,1	0,015	0,013	1,1	0,9	2,2	1,9
	0,045	100	70	21,1	0,012	0,008	0,6	0,5	1,2	1
K19	0,108	125	100	58	0,043	0,035	1,7	1,6	3,6	3,2
	0,089	100	70	58	0,034	0,024	1,4	1,2	2,9	2,4
K20	0,057	125	100	60	0,045	0,036	1,3	1,1	2,6	2,4
K21	0,045	125	100	45	0,033	0,027	1,0	0,9	2	1,8
K22	0,045	125	100	41	0,031	0,025	0,9	0,8	1,9	1,7
K23	0,038	125	100	18,7	0,014	0,011	0,6	0,5	1,2	1,1
K24	0,032	125	100	16,8	0,012	0,01	0,5	0,4	1	0,9
K25	0,108	125	100	51	0,038	0,031	1,6	1,5	3,4	3
K26	0,032	125	100	15,7	0,012	0,009	0,5	0,4	1	0,9

## Приложение Б



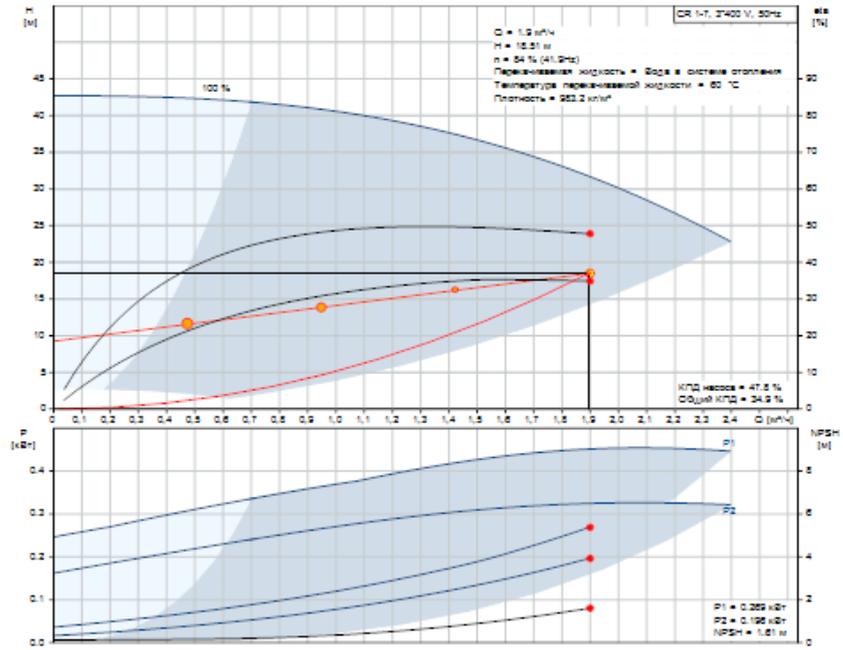
Характеристика насоса Grundfos NBG 100-80-160/169 A-F2-A-BAQE

## Приложение В



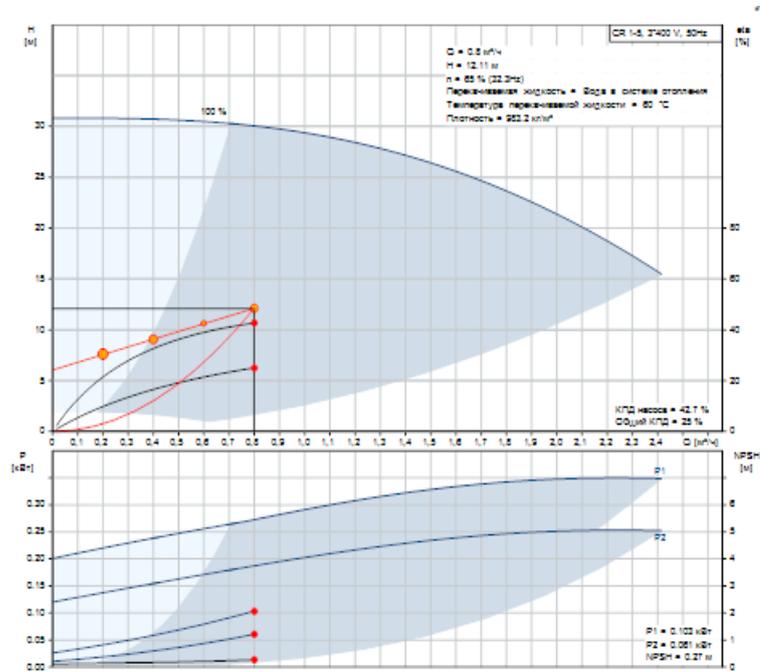
Характеристика насоса Grundfos TPE3 50-240-S A-F-A-BQQE - 98438011

## Приложение Г



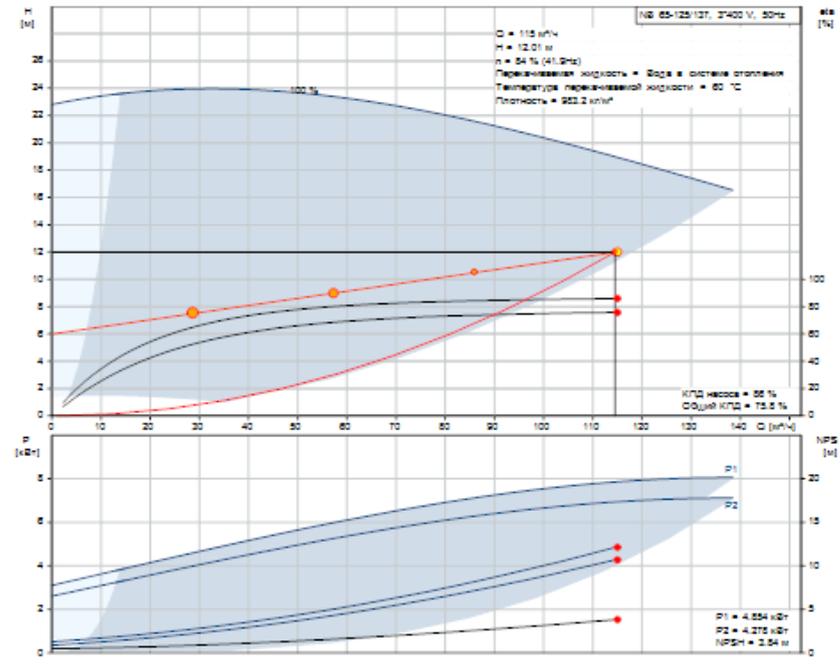
Характеристика насоса Grundfos CR 1-7 A-A-A-E-HQQE - 96556495

## Приложение Д



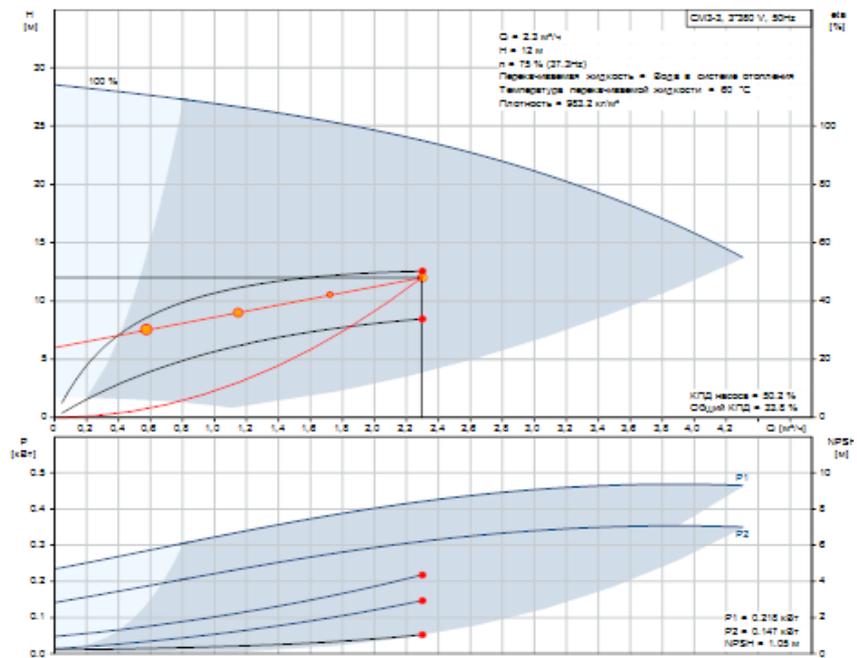
Характеристика насоса Grundfos CR 1-5 A-A-A-E-HQQE - 96556493

## Приложение Е



Характеристика насоса NBE 65-125/127 A-F2-A-E-BAQE – 99099772

## Приложение Ж



Характеристика насоса CM3-3 A-R-A-E-AVBE – 96935729

### Приложение 3

#### Объём траншеи с откосами

Тип прокладки	$h_{тр}$	$m$	$a'$	$A_B$	$V_{тр}$	$V_{тр\Sigma}$
Захватка 1						
Бесканальная	1,5	1	1,5	4,21	532	1002
	1,5	1	1,5	4,25	150	
	1,5	1	1,5	5,1	320	
Захватка 2						
Бесканальная	1,5	1	1,5	5,04	715,8	4584
	1,5	1	1,5	4,25	299	
	1,5	1	1,5	4,17	164,8	
	1,5	1	1,5	4,17	141,0	
	1,5	1	1,5	1,0	347,0	
	1,5	1	1,5	5,27	2916	
Захватка 3						
Бесканальная	1,5	1	1,5	4,27	1613	10800
	1,5	1	1,5	3,98	451,6	
	1,5	1	1,5	4,17	167,5	
	1,5	1	1,5	5,06	685,3	
	1,5	1	1,5	4,16	138,0	
	1,5	1	1,5	4,31	550,5	
	1,5	1	1,5	4,21	271,5	
	1,5	1	1,5	4,31	1019,7	
	1,5	1	1,5	4,16	184,7	
	1,5	1	1,5	4,16	147,7	
	1,5	1	1,5	4,21	186,3	
	1,5	1	1,5	4,25	830,3	
	1,5	1	1,5	5,11	371,2	
	1,5	1	1,5	5,13	1701	
	1,5	1	1,5	5,13	2481,6	

## Приложение И

### Объём котлованов для камер

№	V <sub>кот</sub>	ΣV <sub>кот</sub>
1	2	3
Захватка 1		
УТ14, УТ15	103,5; 103,5	207
Захватка 2		
К1,К2,К20,УТ1,К3,К4, УТ2,УТ3,К5,УТ4	122,4701;122,4701; 122,4701;114,913; 122,4701;122,4701; 114,913;114,913; 122,4701;175,5239	1255,084
Захватка 3		
УТ13,УТ16,УТ12,УТ10, УТ11,К21,УТ9,УТ8,К6, УТ7,УТ6,УТ5	114,913;122,4701; 114,913;114,913; 114,913;122,4701; 114,913;114,913; 122,4701;114,913; 114,913;114,913	1401,628

## Приложение К

### Площадь планировки

F <sub>пл</sub>	A <sub>ср</sub>	l <sub>захв</sub>	A <sub>тр.вн</sub>	A <sub>котл.вн</sub>
Захватка 1				
4651	6,21	397,2	4,52	10,9
Захватка 2				
5873	7,6	503,9	4,51	10,8
Захватка 3				
12839	7,32	1134,2	4,44	10,2

## Приложение Л

### Ведомость земляных работ

$V_{о}, M^3$	$V_{к}, M^3$	$V_{обр}, M^3$	$V_{изб}, M^3$	$F_{пл}, M^2$	$F_{дор}, M^2$
Захватка 1					
1537	301,5	1906	0	4651	0
Захватка 2					
5839	685,4	7240	0	5873	0
Захватка 3					
12201	743,1	15129	0	12839	0

Приложение М – Спецификация плетей трубопроводов

dy, мм	Состав плети						Отводы		Арматура		Компенсаторы		Число сварных стыков		Переходы	Опоры неподв.
	секции труб		стандартные трубы		неполномерные трубы		Наим	кол-во	наименование	кол-во	наименование	Кол	поворотных	неповоротных	типоразмер	кол-во, шт.
	длина, L, м	кол шт	длина, L, м	кол-во, шт	длина, L, м	кол-во, шт										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Захватка 1																
57x3,5	60	10	12	5	0	0	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	10	9	100x50	2
57x3,5	60	10	12	5	0	0	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	10	9	100x50	2
89x3,5	58	8	12	4	10	1	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	8	9	-	2
89x3,5	58	8	12	4	10	1	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	8	9	-	2
108x4	58	8	12	4	10	1	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	8	9	-	2
108x4	58	8	12	4	10	1	90°	4	Задвижка стальная клиновая	1	П-обр.	1	8	9	-	2
76x3,5	16,8	2	12	1	4,8	1	-	-	Задвижка стальная клиновая	1	-	-	2	5	100x70	2
76x3,5	16,8	2	12	1	4,8	1	-	-	Задвижка стальная клиновая	1	-	-	2	5	100x70	2
108x4	262,4	42	12	21	10,4	1	90°	21	-	-	П-обр.	5	42	42	-	-
108x4	262,4	42	12	21	10,4	1	90°	21	-	-	П-обр.	5	42	42	-	-
45x2,5	59,4	8	12	4	11,4	1	90°	10	-	-	П-обр.	2	8	20	-	5
45x2,5	59,4	8	12	4	11,4	1	90°	10	-	-	П-обр.	2	8	20	-	5
89x3,5	213	34	12	17	9	1	90°	16	-	-	П-обр.	3	34	32	-	4

Продолжение приложения М

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
89x3,5	213	34	12	17	9	1	90 <sup>0</sup>	16	-	-	П-обр.	3	34	32	-	4
Захватка 2																
38x2,5	18,7	2	12	1	5,7	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
38x2,5	18,7	2	12	1	5,7	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
45x2,5	66	10	12	5	6	1	90 <sup>0</sup>	8	Задвижка стальная клиновья	1	П-обр.	2	10	19	150x40	2
45x2,5	66	10	12	5	6	1	90 <sup>0</sup>	8	Задвижка стальная клиновья	1	П-обр.	2	10	19	150x40	2
38x2,5	16	2	12	1	4	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	150x38	2
38x2,5	16	2	12	1	4	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	150x38	2
76x3,5	34	4	12	2	10	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	150x76	2
76x3,5	34	4	12	2	10	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	150x76	2
38x3,5	70,8	10	12	5	10,8	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	10	5	133x38	2
38x3,5	70,8	10	12	5	10,8	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	10	5	133x38	2
133x4	70,8	10	12	5	10,8	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	10	5	152x133	2
133x4	70,8	10	12	5	10,8	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	10	5	152x133	2
133x4	292	48	12	24	4,3	1	90 <sup>0</sup>	11					48	22	-	6
133x4	292	48	12	24	4,3	1	90 <sup>0</sup>	11					48	22	-	6
152x4,5	292	48	12	24	4,3	1	90 <sup>0</sup>	11					48	22	-	6
152x4,5	292	48	12	24	4,3	1	90 <sup>0</sup>	11					48	22	-	6
Захватка 3																
38x2,5	19	2	12	1	7	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	57x38	2
38x2,5	19	2	12	1	7	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	57x38	2

Продолжение приложения М

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
57x3,5	53	4	12	2	3	1	90 <sup>0</sup>	1	-	-	-	-	4	2	-	2
108x4	53	4	12	2	3	1	90 <sup>0</sup>	1	-	-	-	-	4	2	-	2
108x4	53	4	12	2	3	1	90 <sup>0</sup>	1	-	-	-	-	4	2	-	2
76x3,5	33	4	12	2	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	152x76	2
76x3,5	33	4	12	2	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	152x76	2
76x3,5	33	4	12	2	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	152x76	2
76x3,5	33	4	12	2	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	4	5	152x76	2
76x3,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	152x76	2
76x3,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	152x76	2
57x3,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	133x57	2
57x3,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	2	5	133x57	2
32x2,5	16,8	2	12	1	4,8	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
32x2,5	16,8	2	12	1	4,8	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
32x2,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	0	2	7	-	2
32x2,5	21	2	12	1	9	1	90 <sup>0</sup>	1	Задвижка стальная клиновья	1	-	0	2	7	-	2
32x2,5	15,7	2	12	1	3,7	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
32x2,5	15,7	2	12	1	3,7	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	2	8	-	2
108x4	61	10	12	5	1	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	10	9	-	2
108x4	61	10	12	5	1	1	90 <sup>0</sup>	4	-	-	П-обр.	1	10	9	-	2
57x3,5	30,6	4	12	2	6,6	1	90 <sup>0</sup>	1	-	-	-	-	4	2	-	1
57x3,5	30,6	4	12	2	6,6	1	90 <sup>0</sup>	1	-	-	-	-	4	2	-	1
108x4	113	18	12	9	5	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	18	3	-	1

## Продолжение приложения М

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
108x4	113	18	12	9	5	1	-	-	Задвижка стальная клиновья	1	-	-	18	3	-	1
89x3,5	150, 7	24	12	12	6,7	1	90 <sup>0</sup>	9	Задвижка стальная клиновья	1	П-обр.	2	24	18	-	2
89x3,5	151	24	12	12	6,7	1	90 <sup>0</sup>	9	Задвижка стальная клиновья	1	П-обр.	2	24	18	-	2
108x4	166	26	12	13	10	1	90 <sup>0</sup>	12	-	-	П-обр.	3	26	24	-	1
108x4	166	26	12	13	10	1	90 <sup>0</sup>	12	-	-	П-обр.	3	26	24	-	1
108x4	377	26	12	13	10	1	90 <sup>0</sup>	22	-	-	П-обр.	5	62	44	-	2
108x4	377	62	12	31	4,8	1	90 <sup>0</sup>	22	-	-	П-обр.	5	62	44	-	2
133x4	211	34	12	17	6,8	1	90 <sup>0</sup>	10	-	-	П-обр.	2	34	20	-	2

Приложение Н – Трудоемкость работ

№	Наименование выполняемых работ	Ед. изм.	ЕНиР	Норма времени	Трудоемкость		Трудоемкость		Трудоемкость	
				Чел. час	Захватка 1		Захватка 2		Захватка 3	
					объем работ	Чел/час	объем работ	Чел/час	объем работ	Чел/час
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Отрывка траншей и котлованов экскаватором	100 м <sup>3</sup>	Е2-1-9	3,3	1537	50,7	5039	166,3	12201	402,6
	Состав бригады: машинист бр-2									
2	Устройство тепловых камер а) основания	м <sup>2</sup>	Е-9-2-32	0,90	193,6	215,1	443,7	493	484,6	538,4
	б) плит днища	м <sup>2</sup>	Е9-2-28	0,70	166,6	238	378,7	541	410,6	586,5
	в) стеновых блоков	м <sup>2</sup>	Е9-2-28	1,80	104,1	57,8	250,2	139	284,0	157,7
	Состав бригады: каменщ. 4р-2									
3	Сборка труб в секции на бровке траншеи	м	Е9-2-1							
	Состав бригады: монтаж. наруж. труб. 4р-2, 5р-2									
	152х4,5			0,03			584,6	17,538		
	133х4			0,02			762,2	15,244	210,8	4,2

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	108x4			0,02	640,8	12,816			1539,7	30,8
	89x3,5			0,02	542	10,84			301,4	6,0
	76x3,5			0,02	33,6	0,672	68	1,36	174	3,5
	57x3,5			0,02	120	2,4			251,2	5,0
	45x2,5			0,02	118,8	2,376	132	2,64		
	38x3,5			0,02			211	4,22	38	0,76
	32x2,5			0,02					107	2,14
4	Поворотная сварка труб	1 стык	E22-2-2							
	Состав бригады: электросварщик 5р-1									
	152x4,5			0,34			96	32,64		
	133x4			0,29			116	33,64	34	9,86
	108x4			0,26	58	15,08			240	62,4
	89x3,5			0,18	84	15,12			4	0,72
	76x3,5			0,1	4	0,4	8	0,8	20	2
	57x3,5			0,1	20	2			20	2
	45x2,5			0,1	16	1,6	20	2		
	38x3,5			0,1			28	2,8	4	0,4
32x2,5	0,05					12	0,6			
5	Укладка секций труб в каналы и камеры	м	E9-2-1							
	Состав бригады: монтаж. наруж. труб. 4р-2, 5р-2									
	152x4,5			0,03			584,6	17,538		
133x4	0,03			762,2	22,866	210,8	6,324			

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	108x4			0,02	640,8	12,816			1539,7	30,794
	89x3,5			0,02	542	10,84			301,4	6,028
	76x3,5			0,02	33,6	0,672	68	1,36	174	3,48
	57x3,5			0,02	120	2,4			251,2	5,024
	45x2,5			0,02	118,8	2,376	132	2,64		
	38x3,5			0,02			211	4,22	38	0,76
	32x2,5			0,02					107	2,14
6	Монтаж фасонных частей а) отводов	шт.	Е9-2-14							
	Состав бригады: монтажник 4р-2, 5р-2									
	152x4,5	шт.	Е9-2-14	0,70			22	15,4		10,78
	133x4			0,70			24	16,8	10	11,76
	108x4			0,42	50	21			78	
	89x3,5			0,42	40	16,8			18	
	76x3,5			0,42						
	57x3,5			0,42	8	3,36			6	
	45x2,5			0,42	20	8,4	16	6,72		2,8224
	38x3,5			0,42			10	4,2	2	1,764
	32x2,5			0,42					18	
7	б) переходов									
	152x4,5			0,7			8	5,6	6	4,2
	133x4			0,7			2	1,4	3	2,1
	108x4			0,42						
	89x3,5			0,42						
	76x3,5			0,42	2	0,84				
	57x3,5			0,42	2	0,84			2	0,84

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	45x2,5			0,42						
	38x3,5			0,42						
	32x2,5			0,42						
8	Монтаж арматуры а) задвижки	шт.	Е9-2-16							
	Состав бригады: монтажник 4р-2, 5р-2	шт.	Е9-2-17							
	152x4,5			1,90						
	133x4			1,90			2	3,8		
	108x4			1,40	2	2,8			2	2,8
	89x3,5			1,40	2	2,8			2	2,8
	76x3,5			1,40	2	2,8	2	2,8	5	7
	57x3,5			0,87	2	1,74			2	1,74
	45x2,5			0,87			2	1,74		
	38x3,5			0,87	4	3,48	4	3,48	2	1,74
	32x2,5			0,87					2	1,74
	б) компенсаторы	шт.								
	152x4,5			3,5						
	133x4			3,5					2	7
	108x4			2,1	12	25,2			18	37,8
	89x3,5			2,1	8	16,8			4	8,4
	76x3,5			2,1						
57x3,5	2,1			2	4,2					
45x2,5	2,1			4	8,4	4	8,4			
38x3,5	2,1			2	4,2					
32x2,5	2,1					4	8,4			
9	Поворотная сварка труб	1 стык	Е22-2-2							

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Состав бригады: электросварщик 5р-1									
	152x4,5			0,39			44	17,16		
	133x4			0,33			54	17,82	20	6,6
	108x4			0,29	82	23,78			164	47,56
	89x3,5			0,23	82	18,86			36	8,28
	76x3,5			0,18	10	1,8	10	1,8		
	57x3,5			0,16	18	2,88		0	18	2,88
	45x2,5			0,13	40	5,2	38	4,94		
	38x3,5			0,13			36	4,68	10	1,3
	32x2,5			0,08					46	3,68
10	Предварительн. испытание труб	м	Е9-2-9							
	Состав бригады: монтажник наруж. труб. 5р- 1, 4р-2									
	152x4,5			0,12			584,6	70,152		
	133x4			0,12			762,2	91,464	210,8	25,296
	108x4			0,10	640,8	64,08			1539,7	153,97
	89x3,5			0,10	542	54,2			301,4	30,14
	76x3,5			0,10	33,6	3,36	68	6,8	174	17,4
	57x3,5			0,10	120	12		0	251,2	25,12
	45x2,5			0,10	118,8	11,88	132	13,2		
	38x3,5			0,10			211	21,1	38	3,8
32x2,5			0,10					107	10,7	

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	Гидроизоляция сварных стыков	шт	Е9-2-12							
	Состав бригады: изолировщик 4р-2, 3р-1									
	152x4,5			0,30			140	42		
	133x4			0,30			170	51	54	16,2
	108x4			0,27	140	37,8			404	109,08
	89x3,5			0,27	166	44,82			40	10,8
	76x3,5			0,27	14	3,78	18	4,86	20	5,4
	57x3,5			0,27	38	10,26			38	10,26
	45x2,5			0,27	56	15,12	58	15,66		
	38x3,5			0,27			64	17,28	14	3,78
32x2,5			0,27					46	12,42	
12	Тепловая изоляция труб	м	Е9-2-13							
	Состав бригады: изолировщик 4р-1, 3р-1									
	152x4,5			0,56			584,6	327,376		
	133x4			0,56			762,2	426,832	210,8	118,048
	108x4			0,43	640,8	275,544			1539,7	662,071
	89x3,5			0,43	542	233,06			301,4	129,602
	76x3,5			0,43	33,6	14,448	68	29,24	174	74,82
	57x3,5			0,3	120	36			251,2	75,36
	45x2,5			0,3	118,8	35,64	132	39,6		
	38x3,5			0,3			211	63,3	38	11,4
32x2,5			0,3					107	32,1	

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	Укладка плит перекрытия а) камер	шт	Е9-2-28	0,70	4	2,8	10	7,0	12	8,4
	Состав бригады: монтажник наруж. труб. 5р-1, 4р-2									
14	Устройство гидроизоляции перекрытия и защитного слоя по гидроиз. цементного раствора									
	Состав бригады: изолировщик 3р-1									
	камер	100 м <sup>2</sup>	Е9-2-24	0,20	116,5	0,233	378,6	0,757	410,6	0,821
15	Обратная засыпка траншей и котлованов бульдозером	100 м <sup>3</sup>	Е2-1-34	0,77	1537	11,8	5039	38,8	12201	93,9
	Состав бригады: машинист бр-1									
16	Окончательные испытания труб. Промывка и хлорирование	м	Е9-2-9							

Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Состав бригады: монтажник наруж. труб. 5р- 1, 4р-2									
	152x4,5			0,06			584,6	35,076		
	133x4			0,06			762,2	45,732	210,8	12,648
	108x4			0,05	640,8	32,04			1539,7	76,985
	89x3,5			0,05	542	27,1			301,4	15,07
	76x3,5			0,05	33,6	1,68	68	3,4	174	8,7
	57x3,5			0,05	120	6			251,2	12,56
	45x2,5			0,05	118,8	5,94	132	6,6		
	38x3,5			0,05			211	10,55	38	1,9
32x2,5			0,05					107	5,35	
17	Планирование площадей бульдозером	1000 м2	Е2-1-36	0,49	46,51	0,22	58,73	0,28	128,39	0,63
	Состав бригады: машинист бр-1									
Всего, чел/час				8701,3						
Затраты труда на неучтённые работы принимаются 16% от общей трудоемкости работ				1392,2						
Затраты труда на подготовительные работы принимаются 8% от общей трудоемкости работ				696,1						
ИТОГО ЗАТРАТЫ ТРУДА, чел/час				10789,6						