

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ А.И. Матюшенко

подпись инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 19 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»

код и наименование специализации

Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП

тема

Руководитель

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

ст. преподаватель   
должность, ученая степень

А.В.Целищев   
инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

М.Д.Марьин   
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

А.В.Целищев   
инициалы, фамилия

Красноярск 2019



# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Технологический раздел .....	6
1.1 Исходные данные для проектирования .....	6
1.2 Характеристика системы теплоснабжения .....	7
1.3 Ведомость тепловых нагрузок .....	10
1.4 Регулирование отпуска тепла .....	10
1.5 Трасса и расчетная схема тепловой сети .....	11
1.6 Определение расчетных расходов сетевой воды .....	15
1.7 Гидравлический расчет трубопроводов теплосети .....	16
1.7.1 Гидравлический расчет трубопроводов Т1 и Т2 в расчетном (зимнем) режиме (Табл.4) .....	17
1.7.2. Гидравлический расчет разводящих трубопроводов горячего водоснабжения (Т3) в режиме водоразбора .....	20
1.7.3 Гидравлический расчет трубопроводов Т3 и Т4 в режиме циркуляции .....	21
1.8 Расчет пьезометрического графика .....	26
1.9 Подбор насосного оборудования .....	30
1.10 Оборудование тепловых сетей, ЦТП .....	32
1.11 Расчет компенсации температурных удлинений .....	37
1.12 Определение усилий на неподвижную опору .....	41
1.13 Тепловая изоляция .....	42
1.14 Продольный профиль сетей .....	44
1.15 Защита тепловой сети от коррозии .....	45
1.16 Строительные конструкции тепловой сети .....	46
1.16.1 Непроходные каналы .....	46
1.16.2 Углы поворота каналов .....	48
1.16.3 Ниши компенсаторов .....	49
1.16.4 Тепловые камеры .....	49
1.16.5 Дренажные колодцы .....	52
1.16.6 Водогазонепроницаемые перегородки .....	53
1.17 Энергосбережение .....	53
2 Технология монтажных и заготовительных работ .....	54
2.1 Конструктивная характеристика .....	54
2.2 Объем и последовательность выполнения подготовительных работ .....	55
2.3 Выбор метода монтажа и последовательность производства строительно-монтажных работ .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	62



## ВВЕДЕНИЕ

Представленная к защите работа централизованного теплоснабжения жилого микрорайона выполнена согласно заданию на проектирование. Работа выполнена с соблюдением правил и норм проектирования, с применением серийных конструкций тепловых сетей. По своей сути ВКР является учебной.

Состояние тепловых сетей и систем теплоснабжения в нашем регионе, как и в других местах очень плохое. В нашем городе до последних лет имелся дефицит тепла, составляющий примерно 30% ( т.е. подключенная тепловая нагрузка в 1,3 раза больше располагаемой мощности теплоисточников), тепловые сети города Красноярска имеют протяженность 1843,6 км., 60% их которых практически полностью изношены (срок 25 лет).

Все это подчеркивает актуальность и важность новых разработок по снабжению потребителей теплом, уметь проектировать и правильно эксплуатировать системы теплоснабжения. Точный, грамотный расчет элементов тепловых сетей на основе технико-экономических данных сочетается в работе с современными требованиями к системам теплоснабжения, главным из которых сейчас является экономия тепла и энергоснабжение.

Выбор способов прокладки тепловых сетей, принятых конструктивных схем и применяемых строительных материалов в работе обусловлен следующими принципиальными положениями: повышением гидравлической устойчивости сетей в закрытых системах; экономии подпиточной воды; возможность применения центрального качественного регулирования; внедрением ЦТП (центральный тепловой пункт); повышением качества обслуживания; экономичности и эффективности; увеличение долговечности сооружений; применение современного передового опыта в строительстве.

Методы технологии и организации строительства объекта проектирования разработаны с учетом местных особенностей района строительства.

При написании пояснительной записки бакалаврской работы использовались общие принципы оформления работы, организации защиты и примерном составе, которые изложены в [1.2].

# 1 Технологический раздел

## 1.1 Исходные данные для проектирования

Данная бакалаврская работа разработана на основании следующих исходных данных:

Район строительства – г. Красноярск, IV строительно - климатическая зона с обычными грунтовыми условиями. Расчетная температура воздуха для проектирования отопления минус  $37^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура воздуха отопительного периода минус  $7,2^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительность отопительного периода составляет 235 суток.

Среднегодовая температура грунта  $\tau_{гр}^{год} = 5^{\circ}\text{C}$ .

Скорость ветра по г. Красноярску 1 м/с.

Глубина промерзания грунта – до 1,5 м.

Рельеф местности в районе строительства тепловых сетей спокойный с предельным перепадом высот не более 3м. Грунт – суглинки. Глубина залегания грунтовых вод – ниже 5м.

Коэффициент теплопроводности грунта  $\lambda_{гр.} = 8,374 \text{ КДж/г} \cdot \text{м.гр.}$ . По степени влажности грунты – маловлажные.

Потребителями тепла в работе являются общественные, складские, административные и производственные сооружения.

Виды потребления тепла: отопление, вентиляция и горячее водоснабжение.

Потребление тепла на отопление и вентиляцию характеризуется суточным постоянством, но зависящее от температуры наружного воздуха. Горячее водоснабжение потребляется неравномерно по часам суток и дням недели при независимости от климатических условий.

Этажность застроек колеблется от 2 до 10 этажей.

Топографические условия местности изображены на плане объекта проектирования. Величины тепловых нагрузок (тепловые потоки, МВт) на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение взяты по типовым проектам зданий.

Источником тепла является существующая котельная с параметрами теплоносителя  $150-70^{\circ}\text{C}$ .

Потери напора в системе отопления 9а (концевой абонент) составляет 15 м (ΔНаб). Располагаемый напор в магистральном теплопроводе в ЦТП  $\Delta H^I = 25\text{м}$ .

Объект проектирования обеспечен энергоресурсами (тепло- и водоснабжением, канализацией, электроснабжением).

## 1.2 Характеристика системы теплоснабжения

Система теплоснабжения является централизованной. Источником тепла является котельная. Тепло подается от котельной до центральных тепловых пунктов (ЦТП) по двухтрубной магистрали. Параметры теплоносителя (перегретая вода) в магистрали 150<sup>0</sup>-70<sup>0</sup>С.

Элементами централизованной системы (рис. 1) являются: источник тепла – заводская котельная; магистральные тепловые сети от котельной до насосной подстанции (для снижения температуры в подающем трубопроводе путем смешения с обратной водой), расположенной в ЦТП; квартальных распределительных сетей с параметрами теплоносителя 130 / 70 °С; местных тепловых пунктов абонентов (МТП); систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Тип прокладки проектируемых тепловых сетей – подземная в непроходных каналах.

Тепловая сеть до ЦТП - двухтрубная, а после ЦТП – четырехтрубная: Т1- подающий трубопровод для отопления и вентиляции; Т2- обратный трубопровод для отопления и вентиляции; Т3- подающий (разводящий) трубопровод горячего водоснабжения; Т4- циркуляционный трубопровод системы горячего водоснабжения.

Параметры теплоносителя (перегретая вода) в проектируемой сети жилого микрорайона : расчетная температура в подающем трубопроводе  $t_1=130^0\text{C}$ ; температура в обратном трубопроводе  $t_2=70^0\text{C}$  (речь идет оТ1и Т2). Температура горячей воды поступающей из ЦТП в СГВ равна 60<sup>0</sup>С (труба Т3); в циркуляционном трубопроводе Т4 на входе в ЦТП температура равна 50<sup>0</sup>С.

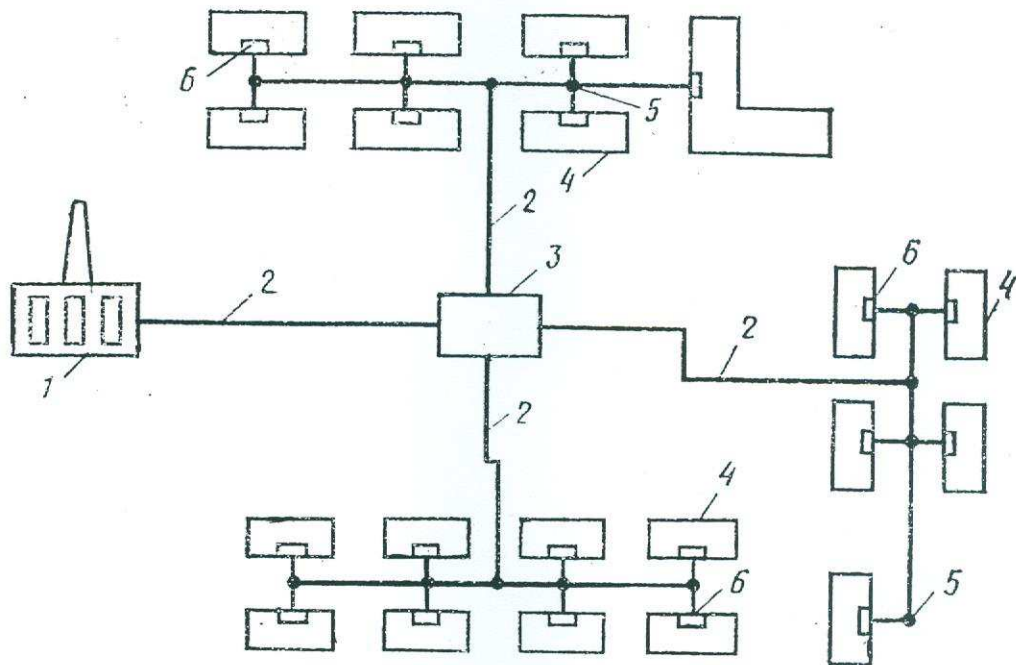
Система теплоснабжения по способу подачи воды на ГВС – открытая. Это означает что вода на нужды горячего водоснабжения забирается непосредственно из трубопроводов тепловой сети.

Давление в магистральной тепловой сети 1,6 МПа, в квартальной сети 1,0 МПа, а в сети горячего водоснабжения 0,55 МПа.

В ЦТП производится приготовление теплоносителя необходимых температурных параметров путем подмешивания обратной сетевой воды в прямую корректирующими насосами. Этот процесс необходим только для переходного периода, когда необходимо снижение температурных параметров в системе отопления и вентиляции (трубопроводы Т1 и Т2).

Подача теплоносителя на нужды ГВС осуществляется путем смешения воды из подающего и обратного трубопроводов.

Система теплоснабжения района независимая т.к. схема ЦТП обеспечивает в проектируемых сетях создание требуемых напоров, отличающихся от гидравлических режимов магистральной теплосети.



1 – источник теплоснабжения; 2 – тепловые сети; 3 – центральный тепловой пункт (ЦТП); 4 – потребители тепла (жилые здания); 5 – теплофикационные камеры; 6 – местные тепловые пункты (МТП) жилых зданий.

Рисунок 1 – Элементы системы централизованного теплоснабжения

Обоснование выбора независимой схемы присоединения сетей отопления :

- гидравлические условия магистрали не удовлетворяют требуемые для проекта;
- недостаточный располагаемый напор в магистральных трубопроводах на вводе в ЦТП;
- необходимость проведения группового регулирования в ЦТП в переходный период.

Присоединение систем отопления в местных тепловых пунктах (МТП) всех зданий жилого микрорайона следует принимать с учетом гидравлического режима работы тепловой сети (пьезометрического графика) и графика изменения температур сетевой воды.

Существующий гидравлический режим проектируемой тепловой сети предполагает подключение всех систем отопления административно-бытовых и общественных зданий подключать по зависимой схеме через элеватор ( т.е.  $t_1=130^{\circ}\text{C}$ ,  $H \geq 15\text{м.}$ ).

Согласно пункту 3.5 [6] при располагаемом напоре в магистральной тепловой сети перед тепловым пунктом (ЦТП), недостаточным для преодоления гидравлического сопротивления трубопроводов и оборудования теплового пункта и систем теплопотребления после ЦТП, предусматривается установка подкачивающих насосов на обратном трубопроводе перед выходом из ЦТП.



Согласно пункту 3.9 [6] для центрального качественного регулирования отпуска теплоты, следует предусматривать корректирующие насосы, которые устанавливаются, как правило, на перемычке между подающим и обратным трубопроводами после отбора воды из подающего трубопровода и до отбора воды из обратного трубопровода на смешение для ГВС.

Заполнение и подпитку водяных тепловых сетей после ЦТП и систем теплоснабжения зданий, присоединенных к сетям по независимой схеме, следует предусматривать водой из обратного трубопровода магистрали за счет давления достаточного для заполнения местных систем зданий. Общая подпитка всей системы теплоснабжения и создание статического режима теплосети осуществляется на котельной подпиточными насосами.

ЦТП, (схема представлена на рис. 2) обеспечивает:

- Приготовление теплоносителя для систем отопления и вентиляции микрорайона;
- ограничение расхода сетевой воды в период прохождения максимальной нагрузки ГВС;
- регулирование отпуска теплоты системам отопления, путем поддержания требуемой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе после ЦТП по заданной программе в зависимости от метеоусловий;
- групповое регулирование отпуска теплоты системам горячего водоснабжения, поддержанием заданной температуры воды, поступающей в сеть ГВС;
- учет и контроль параметров теплоносителей.

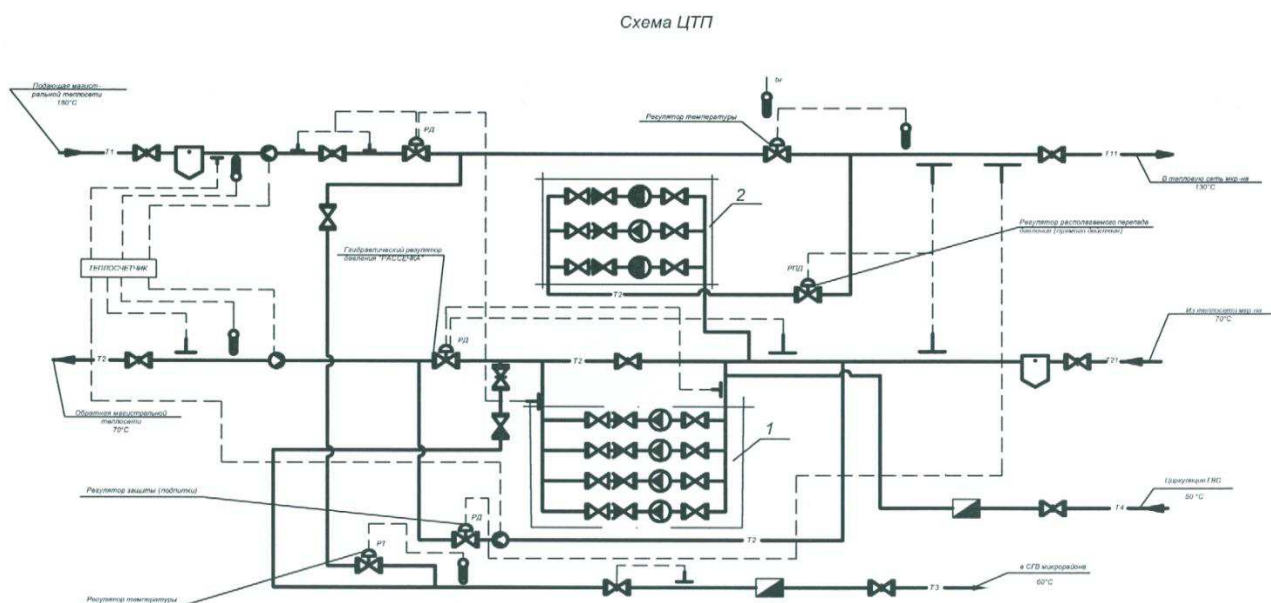


Рисунок 2 – Схема ЦТП

### 1.3 Ведомость тепловых нагрузок

Тепловая нагрузка, МВт – это расчетный (максимальный) тепловой поток. Микрорайон имеет следующие виды потребления тепла: отопление, вентиляция, горячее водоснабжение.

Тепловые нагрузки можно принимать по типовым проектам, рассчитывать по укрупненным показателям и выполнив проект.

В данной работе тепловые нагрузки приняты по типовым проектам зданий. Ведомость тепловых нагрузок входят в состав задания на проектирование тепловых сетей и сведены в табл. 1.

Таблица 1 - Ведомость тепловых нагрузок

Поз.	Наименование потребителя	Расчетный тепловой поток, МВт			
		отопл. $Q_{отпл}$	вентил. $Q_{вентил.}$	ГВС $Q_{гвс}$	$Q_{O+v}$
1	9 эт. общежитие	0,68	0,15	0,52	0,83
2	6 эт. 120 кв. жилой дом с поликлиникой	0,85	0,1	0,8	0,95
3	4 эт. колледж на 800 учащихся	0,75	0,15	0,3	0,9
4	3 эт. школа на 560 учащихся	0,55	0,05	0,15	0,6
5	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
6	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
7	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
8	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
9	10 эт. 200 кв. жилой дом с магазином.	1,15	0,1	1,25	1,25
10	9 эт. 240 кв. жилой дом	1,4	-	1,35	1,4
	ИТОГО	8,42	0,55	6,91	8,97

### 1.4 Регулирование отпуска тепла

Режимы отпуска тепла абонентами неодинаковы. Тепловая нагрузка на отопление изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха, оставаясь практически неизменной в течение суток.

Тепловая нагрузка на ГВС не зависит от  $t^{\circ}$  наружного воздуха, но изменяется по часам суток.

Для обеспечения постоянно температуру внутреннего воздуха в помещениях согласно нормам, необходимо искусственное изменение параметров или расхода теплоносителя в соответствии с фактической потребностью абонентов.

Регулирование повышает качество и экономичность теплоснабжения. В зависимости от места осуществления регулирования различают: центральное, групповое, местное и индивидуальное.

Центральное регулирование выполняют на ТЭЦ или в котельной по преобладающей нагрузке (отопление) или по суммарной нагрузке (отопление + ГВС).

Групповое – в ЦТП для группы однородных потребителей.

Местное – предусматривается на абонентском вводе (МТП) для дополнительной корректировки параметров теплоносителя с учетом местных факторов.

Индивидуальное – осуществляется непосредственно у теплоиспользующих приборов и дополняет другие виды регулирования.

По способу регулирования – автоматическое и ручное [3].

Методы регулирования:

- качественное (изменение температуры теплоносителя при постоянном его расходе);
- количественное (изменение расхода теплоносителя при постоянной температуре  $\tau_1$ );
- прерывистое регулирование пропусками (периодическое отключение теплопотребляющих систем);
- изменение поверхности нагрева приборов.

На городской ТЭЦ осуществляется центральное качественное регулирование по суммарной нагрузке и по повышенному графику температур.

## 1.5 Трасса и расчетная схема тепловой сети

Перед началом выполнения гидравлического расчета трубопроводов разрабатывают расчетную схему тепловых сетей без масштаба с указанием источника тепла (ЦТП), расчетных участков трубопроводов и абонентов. На расчетной схеме сетей здания (абоненты) должны иметь номер и величины весовых расчетных расходов теплоносителя согласно ведомости весовых расходов.

Расчетные участки нумеруются, начиная от ЦТП, указывается их длина и расположение запорной арматуры, неподвижных опор и компенсаторов. Число П-образных компенсаторов и неподвижных опор уточняется при гидравлическом расчете трубопроводов в процессе определения эквивалентных длин местных сопротивлений на расчетных участках. После этого эти элементы нумеруют на схеме.

Согласно СНиП [4] запорная арматура в тепловых сетях устанавливается:

- на трубопроводах выводов тепловых сетей от источников теплоты (ЦТП);
- в узлах ответвления от магистрали на трубопроводах с  $D_y > 100$ мм;
- в узлах ответвлений к отдельным зданиям, независимо от диаметра.

Расчетную схему разрабатывают на основе трассы проектируемой тепловой сети, которую первоначально необходимо расположить на плане жилого микрорайона, входящего в состав исходных данных.

Выбор трассы совмещают с выбором способа прокладки теплопроводов.

Тепловые сети независимо от способа прокладки и системы теплоснабжения, не должны проходить по территориям кладбищ, свалок, скотомогильников, мест захоронения радиоактивных отходов, земледельческих орошаемых полей и др. участков, представляющих опасность химического, биологического и радиоактивного заражения.

В населенных пунктах для тепловых сетей предусматривается, как правило, подземная прокладка (бесканальная, в каналах или в городских или внутриквартальных тоннелях совместно с другими инженерными сетями). При обосновании допускается надземная прокладка тепловых сетей кроме территорий детских и лечебных учреждений.

Подземную прокладку тепловых сетей допускается принимать совместно с другими инженерными сетями:

в тоннелях – с водопроводами  $\varnothing$  до 500мм, кабелями связи, силовыми кабелями напряжением до 10 КВ, а в городских тоннелях также с трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 МПа и напорной канализацией;

в каналах – с водопроводами, трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 Мпа, мазутопроводами, контрольными кабелями предназначенными для обслуживания тепловых сетей.

Прокладку тепловых сетей по территории не подлежащей застройке вне населенных пунктов, следует предусматривать надземную на низких опорах.

По заводской территории все инженерные сети, кроме канализации и водопровода, прокладывают надземным способом на высоких опорах (эстакадах).

В бакалаврской работе тепловой сети больницы проложены в подземных непроходных каналах из лотковых элементов.

При проектировании трассы или схемы тепловых сетей необходимо стремиться к надежности теплоснабжения, экономичности, простоте и минимальной длине трубопроводов.

Для надежности систем теплоснабжения проектируют ЦТП или КРП и резервирование сетей для особо важных объектов (больницы, роддома и т.д.), дающие возможность обеспечить теплом этих абонентов при аварии на участке тепловых сетей.

Конфигурацией распределительной тепловой сети является тупиковая радиальная схема трубопроводов с перемычкой в концевой камере.

Преимуществом радиальной схемы является простота и экономичность. Недостатком – нарушение теплоснабжения всех абонентов при аварии на одном из участков теплотрассы. А для ликвидации аварии дается не более 24 часов, чтобы не перемерзли местные системы.

При проектировании трассы минимальные расстояния в плане от конструкций тепловых сетей до сооружений и других инженерных сетей следует брать по [4].

В черте города и на территории промышленных площадок трассу выбирают параллельно проездам или линиям застроек. В стесненных условиях допускается прокладка сетей под тротуарами и в полосе зеленых насаждений (под газонами).

Трасса должна быть по возможности прямолинейной и пролегать в одной стороне проезда или застройки. Частые пересечения с инженерными коммуникациями и линиями городского транспорта, с реками и оврагами удорожают сети. Пересечение выполняют, как правило под углом  $90^\circ$ , в исключительных случаях – не менее  $45^\circ$ . В новых районах массовой застройки и на недостроенных ось трассы проектирует параллельно дорогам или ранее уложенным сетям.

Расчетная схема тепловой сети микрорайона изображена на рис. 4.

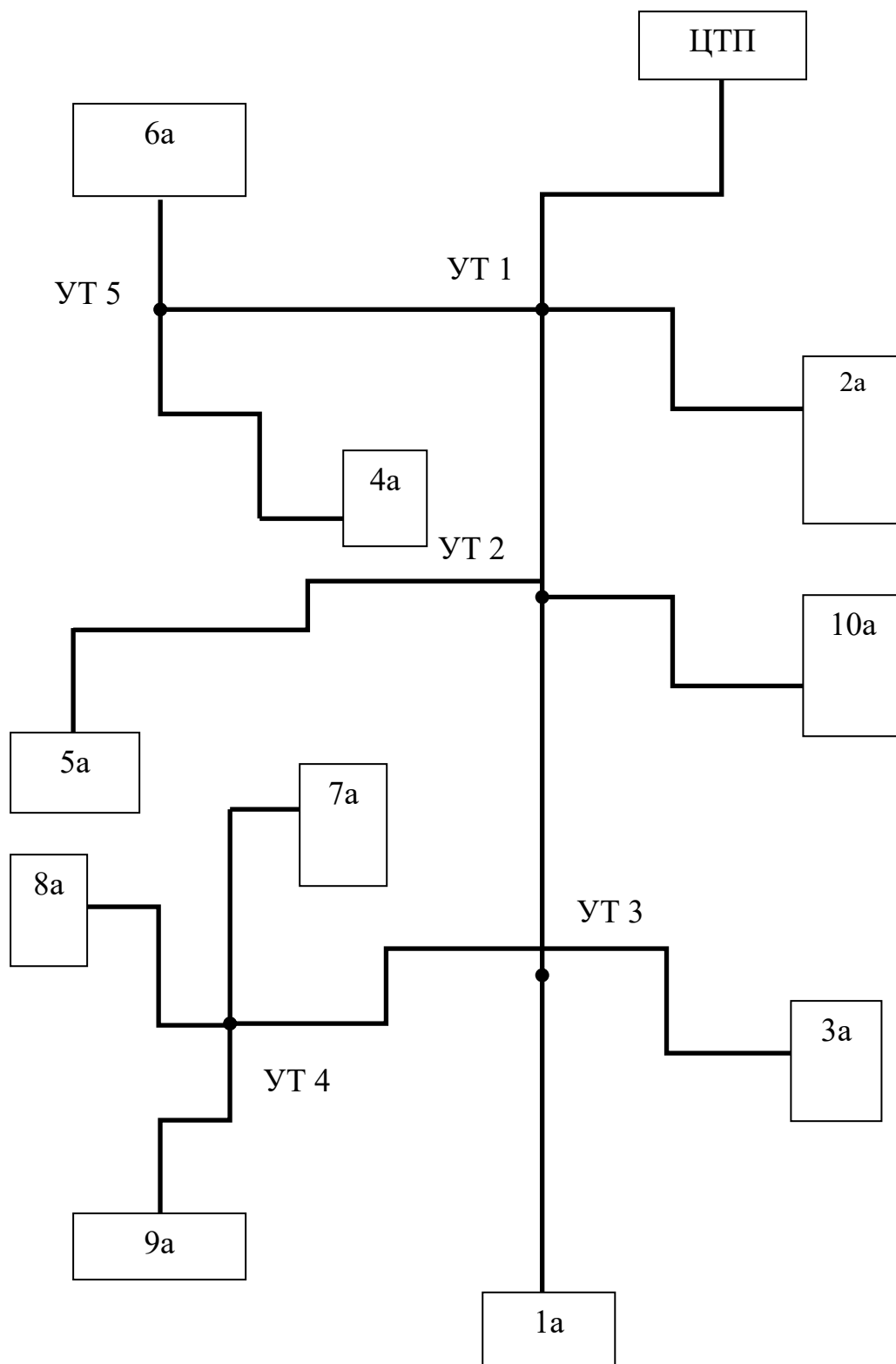


Рисунок 4 – Расчетная схема тепловой сети

## 1.6 Определение расчетных расходов сетевой воды

Расчетные расходы теплоносителя (сетевой воды) для определения диаметров труб водяных тепловых сетей при центральном качественном регулировании отпуска тепла должны определяться отдельно для отопления, вентиляции и ГВС с последующим суммированием этих расходов [4]:

- расчетный расход сетевой воды на отопление, кг/ч

$$G_{0 \max} = \frac{3,6 \cdot Q_{0 \max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} ; \quad (1)$$

- расчетный расход сетевой воды на вентиляцию, кг/ч

$$G_{v \max} = \frac{3,6 \cdot Q_{v \max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} ; \quad (2)$$

- расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения, кг/ч

$$G_{h \max} = \frac{3,6 \cdot Q_{h \max}}{c(\tau_h - \tau_c)} , \quad (3)$$

где  $Q_{0 \max}$ ,  $Q_{v \max}$ ,  $Q_{h \max}$  – максимальные тепловые потоки (нагрузки) на отопление, вентиляцию и ГВС, Вт;

$\tau_1$  – расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети, равная 130°C;

$\tau_2$  – то же в обратном трубопроводе, равная 70°C;

$C$  – теплоемкость воды, равная 4,19 КДж/кг.гр.;

$t_h$  – температура горячей воды в подающем трубопроводе СГВ после подогревателя, равная 60 °С;

$t_c$  – температура холодной водопроводной воды, равная 5°C.

Средний расход воды на ГВС, кг/ч

$$G_{hm} = \frac{3,6 \cdot Q_{hm}}{c(\tau_h - \tau_c)} , \quad (4)$$

где  $Q_{hm}$  – среднечасовой расход тепла на ГВС, Вт, определяемый как отношение  $Q_{h \max} / 2,4$ ;

$C$ ;  $t_h$ ;  $t_c$  – тоже что в (3).

Суммарные расчетные расходы сетевой воды, кг/ч, в трубопроводах Т1 и Т2 закрытой системы четырехтрубной распределительной тепловой сети определяется по формуле

$$G_d = G_{отоп} + G_{вент} , \quad (5)$$

где  $G_{отоп}$  ;  $G_{вент}$  – величины, определенные по (1), (2).

Расчетные расходы теплоносителей для всех зданий больничного комплекса сведены в табл. 3.

Таблица 3-Ведомость весовых расходов теплоносителя

Поз. по плану	Наименование потребителя	Расчетный расход воды, кг/с			
		отопл. $G_{отоп}$	вент. $G_{вент}$	ГВС $G_{гвс}$	всего $G_d$
1	9 эт. общежитие	2.71	0.6	2.26	3.31
2	6 эт. 120 кв. жилой дом с поликлиникой	3.38	0.4	3.47	3.78
3	4 эт. колледж на 800 учащихся	3.0	0.6	1.3	3.6
4	3 эт. школа на 560 учащихся	2.19	0.2	0.65	2.39
5	9 эт. 160 кв. жилой дом	3.78	-	3.69	3.78
6	9 эт. 160 кв. жилой дом	3.78	-	3.69	3.78
7	5 эт. 80 кв. жилой дом	2.27	-	1.82	2.27
8	5 эт. 80 кв. жилой дом	2.27	-	1.82	2.27
9	10 эт. 200 кв. жилой дом с магазин.	4.58	0.4	5.43	4.98
10	9 эт. 240 кв. жилой дом	5.57	-	5.86	5.57
	ИТОГО	41.89	2.6	39.11	44.49

### 1.7 Гидравлический расчет трубопроводов теплосети

Гидравлический расчет является определяющим при проектировании тепловой сети. На его основе:

- определяется стоимость. Расход металла и объем строительно-монтажных работ;
- подбираются сетевые, повысительные и подпиточные насосы;
- разрабатываются гидравлические режимы эксплуатации тепловых сетей и строятся пьезометрические графики.

Цель гидравлического расчета – определение диаметров участков тепловой сети и потерь давления на этих участках, гидравлическая увязка всех точек системы для обеспечения подачи расчетных расходов теплоносителя, создания допустимых давлений и требуемых напоров во всех точках тепловой сети.

Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности спальных труб следует принимать для водяных тепловых сетей  $K_z = 0,0005\text{м}$ , для сетей горячего водоснабжения  $K_z = 0,001\text{м}$ .

Согласно [4] удельные потери на трение при гидравлических расчетах водяных тепловых сетей следует принимать на основе технико-экономических расчетов.

Диаметры подающего (Т1) и обратного (Т2) трубопроводов четырехтрубной водяной тепловой сети при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и ГВС должны приниматься, как правило,



одинаковыми. Циркуляционные трубопроводы (Т4) горячего водоснабжения принимаются на два размера меньше, чем соответствующие им разводящие подающие (Т3) трубопроводы ГВС.

Диаметр труб  $D_u$  независимо от расчетного расхода теплоносителя должен приниматься в тепловых сетях (Т1, Т2 и Т3) не менее 32 мм, а для циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения (Т4) – не менее 25 мм.

Гидравлический расчет трубопроводов тепловой сети закрытой системы теплоснабжения включает:

- расчет трубопроводов отопления и вентиляции (Т1; Т2) в зимнем расчетном режиме;
- расчет разводящих (Т3) трубопроводов СГВ в режиме водоразбора;
- расчет разводящих (Т3) и циркуляционных (Т4) трубопроводов ГВС в режиме циркуляции.

### **1.7.1 Гидравлический расчет трубопроводов Т1 и Т2 в расчетном (зимнем) режиме (Табл.4)**

Суммарные расчетные расходы теплоносителя в этом режиме на участках тепловой сети от ЦТП до МТП зданий определяются по формуле (11).

Значения расходов  $G_{omax}$ ,  $G_{vmax}$ ,  $G_{hmax}$  берем из табл.3. Потери давления в трубопроводах тепловой сети определяем методом приведенных длин. Различают потери давления на трение (по длине), определяемые по формуле, Па.

$$\Delta P_{\lambda} = R \cdot l , \quad (6)$$

где  $R$ - удельные потери давления на трение, Па/м;

$l$  – длина расчетного участка трубопровода, м.

Для определения потерь давления в местных сопротивлениях (запорная и регулирующая арматура, П-образные компенсаторы, повороты трасс, тройники и др.) вводится понятие эквивалентной длины местного сопротивления  $l_{\text{э}}$ , м. (это длина прямого трубопровода того же диаметра, что и местное сопротивление, у которого потери на трение равны потерям в рассматриваемом местном сопротивлении).

Приведенная длина участка теплосети

$$l_{np} = l + l_{\text{э}} , \quad (7)$$

где  $l$  - длина расчетного участка трубопроводов тепловой сети, м;

$l_3$  - сумма эквивалентных длин местных сопротивлений на данном участке, определяемые по [5], м.

Полные потери давления, м. вод.ст., или потери напора  $\Delta H$ , м, определяются

$$\Delta H = R \cdot l_{np} \cdot 10^{-4} \quad , \quad (8)$$

где  $l_{np}$  – величина, определенная по (13), м;

$R$  – тоже что в (12), Па/м.

На начальном этапе гидравлического расчета удельные потери давления вдоль основной магистрали проектируемой теплосети  $R_0^{mag} = 10 \text{ Па/м}$ .

Для ответвлений от главной магистрали (участок ЦТП – 9а) удельные потери давления на трение определяем по формуле

$$R_0^{omv} = R_0^{mag} \cdot \frac{l_{mag}}{l_{omv}} \quad , \quad (9)$$

где  $l_{mag}$  - расстояние от точки подключения расчетного участка ответвления до конца главной магистрали тепловой сети, м;

$l_{omv}$  -длина расчетного ответвления, м.

Определяем  $R_0$  для различных ответвлений:

$$R_0^{(1-5-4a)} = 10 \times (612/335) = 18.3 \text{ Па/м};$$

$$R_0^{(5-6a)} = 18.3 \times (165/20) = 151 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(4-7a)} = 10 \times (120/80) = 15 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(4-8a)} = 10 \times (120/105) = 11.4 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(3-3a)} = 10 \times (282/80) = 35.3 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(2-10a)} = 10 \times (462/100) = 46.2 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(2-5a)} = 10 \times (462/170) = 27.2 \text{ Па/м};$$

$$*R_0^{(1-2a)} = 10 \times (612/105) = 58.3 \text{ Па/м};$$

$$R_0^{(3-1a)} = 10 \times (282/240) = 11.8 \text{ Па/м};$$

Теоретический диаметр  $d_0$  расчетного участка определяем по номограмме [5] в зависимости от удельных потерь давления  $R_0$  и суммарного расхода теплоносителя  $G_d$ .

Материальная характеристика тепловой сети  $M_0$  определяется как удвоенная сумма произведений всех длин участков сети на теоретический диаметр  $d_0$ .

$$M_0 = 2 \sum (l \times d_0), \quad (10)$$

где  $l$  – длина расчетного участка, м;

$d_0$  – теоретический диаметр, м.

$$M_0 = 2 \cdot 280,6 = 561,2 \text{ м}^2$$

Удельные оптимальные линейные потери давления, Па/м, на главной магистрали проектируемой сети определяются на основе технико-экономических расчетов по формуле

$$R_{л}^{opt} = 26600 \left( \frac{\varphi \cdot M_0 \cdot R_0^{0,19}}{G \cdot L} \right)^{0,84}, \quad (11)$$

где  $M_0$  – материальная характеристика тепловой сети, равная 561,2 м<sup>2</sup>;

$R_0$  - удельные потери давления вдоль основной магистрали на начальном этапе гидравлического расчета, принятые 10 Па/м;

$G$  – расчетный расход теплоносителя на первом от ЦТП участке магистрали, равный 35,73 кг/с;

$L$  - длина основной проектируемой магистрали (считая подающий и обратный трубопровод), равная 1424 м;

$\varphi$  - стоимостной коэффициент, равный 0,17 кВт/м<sup>2</sup>.

$$R_{л}^{opt} = 26600 \left( (0,17 \times 561,2 \times 1,55) / (35,73 \times 1424) \right)^{0,84} = 196,5 \text{ Па/м.}$$

Удельные линейные экономические потери давления для ответвлений от главной магистрали определяются по формуле

$$(R_{л}^{opt})^{oms} = R_0^{oms} \frac{(R_{л}^{opt})^{mat}}{R_0^{mag}}, \quad (12)$$

где  $R_0^{mag} = 10$  Па/м;

$R_{л}^{opt,mag}$  – величина определенная по формуле (11), равна 196,5 Па/м;

$R_0^{ome}$  – величины, определенные по формуле (9), Па/м.

По расчетным  $R_0^{om}$  и расчетному расходу воды  $G_d$  по номограмме [5] находим ближайший стандартный диаметр трубопровода  $d_{ст}$ , уточняем фактические удельные линейные потери давления  $R$ .

Расчет эквивалентных длин  $l_э$  местных сопротивлений сводим в табл.7. При этом уточняем количество и места установки элементов тепловой сети: П-образные компенсаторы, арматура, неподвижные опоры. Определяем расстояния между элементами с нанесением их на план сетей и производим их нумерацию.

При выполнении гидравлического расчета проводим «расчетную наладку» потерь давления по кольцам циркуляции с целью нормальной работы системы теплоснабжения. Суть её в том, что ответвления от главной магистрали тепловой сети рассчитываются из условия, чтобы суммарные потери напора  $\Sigma \Delta H$  от ЦТП до любого абонента составляли не более  $\Sigma \Delta H$  вдоль основной магистрали проектируемой тепловой сети.

Результаты гидравлического расчета сводим в таблицу 4.

Летом трубопроводы Т1 и Т2 отключены.

### **1.7.2. Гидравлический расчет разводящих трубопроводов горячего водоснабжения (Т3) в режиме водоразбора**

По разводящим трубопроводам горячая вода на нужды горячего водоснабжения поступает от ЦТП до МТП потребителей.

Максимальные расходы воды на нужды ГВС  $G_{hmax}$  определяется по формуле (9). Расчетные расходы воды на ГВС в трубопроводе Т3 определяем

$$G_d = 1,1 \times G_{hmax} . \quad (13)$$

Гидравлический расчет разводящих трубопроводов проводим аналогию трубопроводам отопления и вентиляции, методом приведенных длин. Расчет сводим в таблицу 6. Определение эквивалентных длин местных сопротивлений для разводящих трубопроводов Т3 системы горячего водоснабжения приводим в таблице 7.

### 1.7.3 Гидравлический расчет трубопроводов Т3 и Т4 в режиме циркуляции

Циркуляционный расход горячей воды  $G_{ц}$  необходимо подавать в систему горячего водоснабжения (СГВ) для компенсации тепловых потерь трубопроводами СГВ. Расход горячей воды  $G_{hmax}$  разбирается через водоразборные приборы (смесители, душевые сетки и т. д.). Таким образом суммарный расход  $G_d = 1,1 G_{hmax}$  подается по трубопроводам Т3 к потребителям, возвращается на ЦТП по циркуляционному трубопроводу Т4 лишь часть – циркуляционный расход  $G_{ц}$ , равный 10% от  $G_{hmax}$ . Так происходит в режиме водоразбора.

В циркуляционном режиме, когда отсутствует водоразбор (ночь) по трубопроводам Т3 и Т4 циркулирует относительно небольшой расход  $G_{ц}$ .

$$G_{ц} = 0,1 \times G_{hmax} , \quad (14)$$

где  $G_{hmax}$  – величина, определенная по (9).

Диаметр циркуляционных трубопроводов СГВ принимаем на 1÷2 типоразмера меньше чем соответствующие им разводящие трубопроводы, поэтому определять удельные потери давления нет необходимости.

В циркуляционном режиме диаметры разводящих трубопроводов остаются те же, что и при водоразборе (пункт 1.7.2) .

Потери давления и напора определяем методом приведенных длин.

Расчет эквивалентных длин местных сопротивлений для циркуляционных трубопроводов приведен в таблице 10.

Расчет эквивалентных длин местных сопротивлений для циркуляционных трубопроводов приведен в таблице 7.

Таблица 4-Гидравлический расчет трубопроводов Т1 и Т2 в зимнем режиме

$N$ уч-ков	$G_{\Sigma}^{\max}$ Кг/с	$l$ , м	$R_o$ , Па/м	$d_o$ , м	$l_{xdo}$ , м <sup>2</sup>	$R_{\wedge}^{onm}$ , Па/м	$d_{cm}$ , м	$R$ , Па/м	$l_3$ , м	$l_{np}$ , м	$\Delta H$ , м	$\Sigma \Delta H$ , м
Магистраль												
ЦТС – УТ1	35,73	100	10	0,31	31	196,5	0,15	350	21,8	121,8	4,26	4,26
УТ1 – УТ2	25,78	150	10	0,259	38,8	196,5	0,15	160	44,8	194,8	3,12	7,38
УТ2 – УТ3	16,43	180	10	0,207	37,3	196,5	0,125	170	36	216	3,67	11,05
УТ3 – УТ4	9,52	162	10	0,18	29,1	196,5	0,1	200	13,2	175,2	3,5	14,55
УТ 4 – 9а	4,98	120	10	0,14	16,8	196,5	0,07	300	3	123	3,69	18,24
Подмагистраль												
УТ1 – УТ5	6,17	170	18,3	0,13	22,1	360	0,082	250	26	196	4,9	9,16
УТ5 – 4а	2,39	165	18,3	0,1	15,6	360	0,051	400	3,2	168,2	6,73	15,89
УТ5 – 6а	3,78	20	151	0,07	1,4	2967	0,051	1000	3,8	23,8	2,38	11,54
Ответвления												
УТ1 – 2а	3,78	105	58,3	0,09	9,4	1447	0,051	1000	5,5	110,5	11,05	15,31
УТ2 – 10а	5,57	100	46,2	0,1	10	907,8	0,07	500	7,5	107,5	5,38	12,76
УТ2 – 5а	3,78	170	27,2	0,1	17	534,5	0,07	200	8,5	178,5	3,57	10,95
УТ3 – 3а	3,6	80	35,3	0,1	8	693,6	0,051	700	5,5	85,5	5,99	17,04
УТ3 – 1а	3,31	240	11,8	0,11	26,4	231,9	0,07	165	25,9	265,9	4,39	15,44
УТ4 – 7а	2,27	80	15	0,09	7,2	294,8	0,051	300	4,7	84,7	2,54	17,09
УТ4 – 8а	2,27	105	11,4	0,1	10,5	224	0,051	300	5,5	110,5	3,32	17,87

Таблица 5-Эквивалентные длины местных сопротивлений для трубопроводов Т1 и Т2

N участков	$d_{ст},$ м	$l, м$	$L_n, м$	Эквивалентная длина $l_э, м$					$\Sigma l_э, м$
				п – обр. комп.	клапан, задвижка	отвод	тройник		
							проход	ответвление	
<b>Магистраль</b>									
ЦТС – УТ1	0,15	100	100	-	2,2	2x2,8	2x7	-	21,8
УТ1 – УТ2	0,15	150	100	2x15,4	-	-	2x7	-	44,8
УТ2 – УТ3	0,125	180	90	2x12,5	-	-	2x5,5	-	36
УТ3 – УТ4	0,1	162	80	-	-	3x1,65	2x4,1	-	13,2
УТ 4 – 9а	0,07	120	70	-	1	2x1	-	-	3
<b>Подмагистраль</b>									
УТ1 – УТ5	0,082	170	80	2x7,9	-	2x1,28	4,41	3,15	26
УТ5 – 4а	0,051	165	60	-	0,65	3x0,85	-	-	3,2
УТ5 – 6а	0,051	20	60	-	0,65	0,85	-	2,3	3,8
<b>Ответвления</b>									
УТ1 – 2а	0,051	105	60	-	0,65	3x0,85	-	2,3	5,5
УТ2 – 10а	0,07	100	70	-	1	3x1	-	3,5	7,5
УТ2 – 5а	0,07	170	70	-	1	4x1	-	3,5	8,5
УТ3 – 3а	0,051	80	60	-	0,65	3x0,85	-	2,3	5,5
УТ3 – 1а	0,07	240	70	3x6,8	1	1	-	3,5	25,9
УТ4 – 7а	0,051	80	60	-	0,65	2x0,85	-	2,3	4,7
УТ4 – 8а	0,051	105	60	-	0,65	3x0,85	-	2,3	5,5

Таблица 6- Гидравлический расчет подающего трубопровода ГВС ТЗ в режиме водоразбора

$N$ уч-ков	$G_{\Sigma}^{\max}$ Кг/с	$l$ , м	$R_o$ , Па/м	$d_o$ , м	$l_{xdo}$ , м <sup>2</sup>	$R_{\wedge}^{onm}$ , Па/м	$d_{cm}$ , м	$R$ , Па/м	$l_s$ , м	$l_{np}$ , м	$\Delta H$ , м	$\Sigma \Delta H$ , м
Магистраль												
ЦТС – УТ1	32,8	100	10	0,31	31	196,5	0,15	270	18,8	118,8	3,21	3,21
УТ1 – УТ2	24,3	150	10	0,259	38,8	196,5	0,15	200	44,8	194,8	3,9	7,11
УТ2 – УТ3	13,9	180	10	0,207	37,3	196,5	0,125	160	36	216	3,46	10,57
УТ3 – УТ4	10	162	10	0,18	29,1	196,5	0,1	220	13,1	175,1	3,85	14,42
УТ 4 – 9а	6	120	10	0,14	16,8	196,5	0,082	250	3,8	123,8	3,1	17,52
Подмагистраль												
УТ1 – УТ5	4,7	170	18,3	0,13	22,1	360	0,07	320	21,6	191,6	6,13	9,34
УТ5 – 4а	0,7	165	18,3	0,1	15,6	360	0,04	170	9,7	174,7	2,97	12,31
УТ5 – 6а	4	20	151	0,07	1,4	2967	0,051	1400	3,8	23,8	3,33	12,67
Ответвления												
УТ1 – 2а	3,8	105	58,3	0,09	9,4	1447	0,051	1000	5,5	110,5	11,05	14,26
УТ2 – 10а	6,4	100	46,2	0,1	10	907,8	0,07	700	7,5	107,5	7,52	14,63
УТ2 – 5а	4	170	27,2	0,1	17	534,5	0,07	220	8,5	178,5	3,93	11,03
УТ3 – 3а	1,4	80	35,3	0,1	8	693,6	0,04	600	11,3	91,3	5,48	16,05
УТ3 – 1а	2,5	240	11,8	0,11	26,4	231,9	0,07	100	25,9	265,9	2,66	13,23
УТ4 – 7а	2	80	15	0,09	7,2	294,8	0,051	300	4,7	84,7	2,54	16,96
УТ4 – 8а	2	105	11,4	0,1	10,5	224	0,051	300	4,7	109,7	3,29	17,71



Таблица 7-Эквивалентные длины местных сопротивлений для трубопроводов СГВ ТЗ

N участков	$d_{cm}$ , м	$l$ , м	$L_n$ , м	Эквивалентная длина $l_э$ , м					$\Sigma l_э$ , м
				п – обр. комп.	клапан, задвижка	отвод	тройник		
							проход	ответвление	
Магистраль									
ЦТС – УТ1	0,15	100	-	-	2,2	2x2,8	2x7	-	18,8
УТ1 – УТ2	0,15	150	-	2x15,4	-	-	2x7	-	44,8
УТ2 – УТ3	0,125	180	-	2x12,5	-	-	2x5,5	-	36
УТ3 – УТ4	0,1	162	-	-	-	3x1,65	2x4,1	-	13,1
УТ 4 – 9а	0,082	120	-	-	1,28	2x1,28	-	-	3,8
Подмагистраль									
УТ1 – УТ5	0,07	170	-	2x6,8	-	2x1	2,5	3,5	21,6
УТ5 – 4а	0,04	165	-	-	8,1	3x0,52	-	-	9,7
УТ5 – 6а	0,051	20	-	-	0,65	0,85	-	2,3	3,8
Ответвления									
УТ1 – 2а	0,051	105	-	-	0,65	3x0,85	-	2,3	5,5
УТ2 – 10а	0,07	100	-	-	1	3x1	-	3,5	7,5
УТ2 – 5а	0,07	170	-	-	1	4x1	-	3,5	8,5
УТ3 – 3а	0,04	80	-	-	8,1	3x0,48	-	1,8	11,3
УТ3 – 1а	0,07	240	-	3x6,8	1	1	-	3,5	25,9
УТ4 – 7а	0,051	80	-	-	0,65	2x0,85	-	2,3	4,7
УТ4 – 8а	0,051	105	-	-	0,65	2x0,85	-	2,3	4,7

## 1.8 Расчет пьезометрического графика

Пьезометрический график – это графическое изображение гидравлического режима тепловой сети.

Пьезометрический график служит для проверки соответствия гидравлического режима тепловой сети предъявляемым требованиям:

- соответствие условиям механической прочности элементов сети и санитарно-технических устройств абонентов;
- предотвращение вскипания высокотемпературного (более 100°C) теплоносителя;
- обеспечение избыточных напоров во всех точках системы теплоснабжения для предотвращения кавитации насосов и завоздушивания систем.

На пьезометрический график сети (рис. 5) в масштабе наносят:

- рельеф местности вдоль тепловой сети;
- высоты присоединенных зданий;
- напоры в сети;
- допустимые границы (коридоры) напоров в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети с учетом требований к гидравлическим режимам.

Все узловые точки пьезометрического графика имеют отметки полных напоров.

Полный напор - это сумма пьезометрического напора (созданный избыточным давлением теплоносителя в трубе) в данной точке сети и геометрического напора (геодезическая отметка земли).

$$H = H^* + Z , \quad (15)$$

где  $H^*$  - пьезометрический напор, м;

$Z$  - геометрический напор, м.

Пьезометрический напор связан с избыточным давлением воды в трубопроводе по формуле

$$H^* = \frac{P}{\rho \cdot g} , \quad (16)$$

где  $\rho$  - плотность воды,

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;

$P$  - избыточное давление в сети, Па.

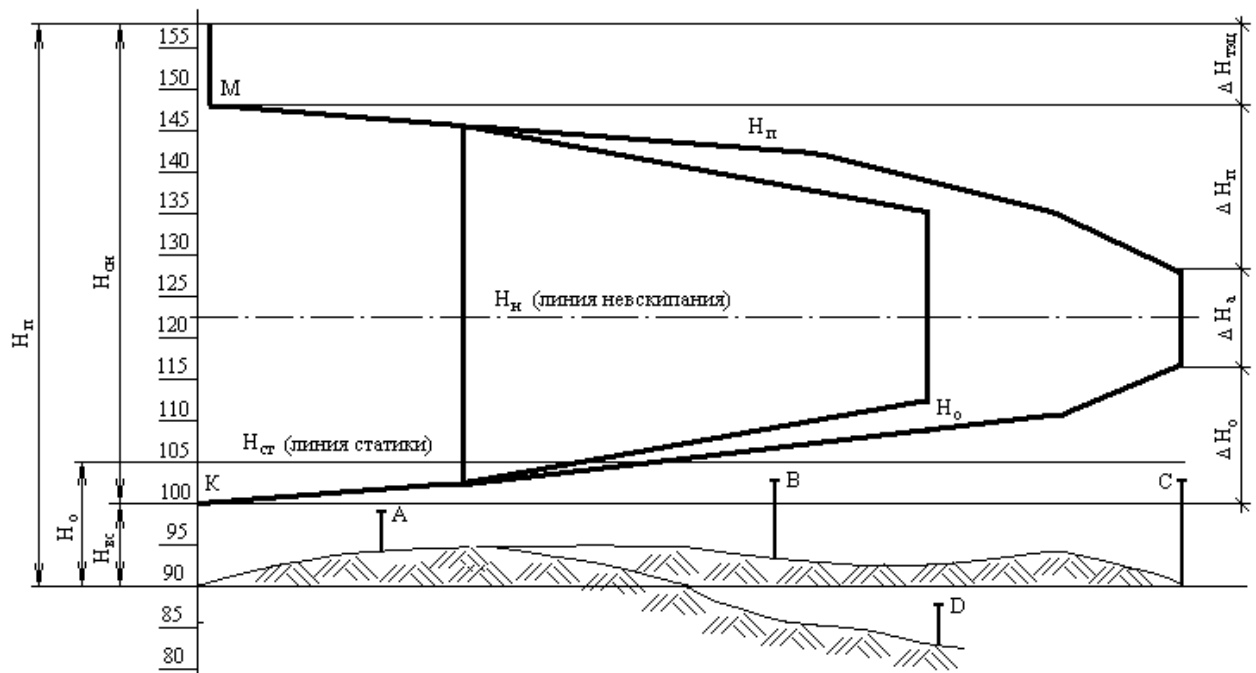


Рисунок 5 – Пьезометрический график тепловой сети

Уклоны пьезометров определяются потерями напоров  $\Delta H$  на расчетных участках тепловой сети. Потери напора  $\Delta H$  принимаем по таблицам гидравлического расчета. Потери напора у абонентов заданы в техническом задании на проектирование.

Разность напоров в подающем и обратном трубопроводе называется располагаемым напором.

При работающем циркуляционном насосе в трубопроводах Т1 и Т2 отопления имеет место динамический гидравлический режим. В этом случае на пьезометрическом графике имеются две наклонные линии напоров (подающего и обратного) и имеются располагаемые напоры в точках сети.

При остановке сетевого насоса в системе устанавливается статический напор, создаваемым подпиточным насосом в ЦТП и пьезометрический график представлен одной линией статического давления (ЛСД). В статическом режиме движение (циркуляция) теплоносителя в трубопроводах отсутствует.

На пьезометрическом графике нанесем 4 предельных уровня для пьезометров:

- исходя из условий прочности магистральных трубопроводов, арматуры, теплообменников и другого оборудования котельной максимальный пьезометрический напор в подающем трубопроводе теплосети не должен превышать  $H(n_{max}) = 160\text{м}$ ;

- во избежание вскипания теплоносителя  $130^{\circ}\text{C}$  во всех точках подающего трубопровода давление воды не должно быть меньше давления насыщения водяного пара при  $130^{\circ}\text{C}$  т.е. напор в подающем трубопроводе должен быть выше  $H(n\text{min}) = 29\text{м}$ ;

- для зависимого элеваторного присоединения систем отопления с чугунными радиаторами, как наиболее уязвимых элементов системы теплоснабжения, максимально допустимый напор в обратном трубопроводе тепловой сети не должен превышать  $H(o\text{max}) = 60\text{м}$ ;

- из условия нормального заполнения систем отопления зданий при запуске и отсутствии завоздушивания, напор в обратном трубопроводе не должен быть менее высоты абонентов с запасом  $5\text{м}$ , т.е.  $H(o\text{min}) = H_{\text{зд}} + 5\text{м}$ .

Выбор напора при статическом режиме производят в предположении, что теплоноситель имеет температуру  $100^{\circ}\text{C}$ . ЛСД должна быть расположена при зависимом присоединении чугунных радиаторов не выше  $60\text{м}$  и не ниже высоты с запасом в  $5\text{м}$  самого высокого здания.

Для открытых систем теплоснабжения разрабатывается три режима для отопительного периода (когда  $t_n \leq 8^{\circ}\text{C}$ ):

- расчетный, для подбора диаметров подающего и обратного трубопроводов;
- при водоразборе из подающего трубопровода;
- при водоразборе (на нужды ГВС) из обратного трубопровода;

А так же отдельно четвертый гидравлический режим для неотопительного периода ( $t_n > 8^{\circ}\text{C}$ ).

Основной особенностью гидравлического режима открытых систем теплоснабжения заключается в том, что при наличии водоразбора на ГВС расход воды в обратной линии тепловой сети меньше расхода в подающей линии. Разность расходов воды в подающем и обратном трубопроводах практически равна водоразбору. Водоразбор из подающей линии (см. схему элеваторного узла на лист.7) имеет место в начале и конце отопительного периода, когда температура сетевой воды не превышает  $70^{\circ}\text{C}$ . Водоразбор из обратного трубопровода имеет место в разгар отопительного периода, когда температура в подающей трубе высока ( $>70^{\circ}\text{C}$ ) а в обратном, близка к расчетной ( $\sim 70^{\circ}\text{C}$ ).

Гидравлический режим магистральной тепловой сети от котельной до ЦТП не соответствует требованиям микрорайона, о чем подробнее сказано выше.

Гидравлический режим тепловой сети микрорайона разработан на основе гидравлического расчета и согласно требованиям к нему.

По пьезометрическому графику выбирают схемы абонентских вводов потребителей.

В данной работе все абоненты имеют элеваторное присоединение к теплосети, т.к. теплоноситель вода 130 -70<sup>0</sup>С

Расчет пьезометрического графика зимнего режима для трубопроводов Т1 и Т2 (сети отопления):

1. Потери напора в подающем трубопроводе магистрали  $\Delta H_n = 18,24$  м
2. Потери напора в обратной трубопроводе магистрали  $\Delta H_o = 18,24$  м.
3. Потери напора в системе отопления конечного абонента (№9) по заданию  $\Delta H_{аб} = 15$  м.
4. Располагаемый напор на выходе из ЦТП:

$$H'_0 = \Delta H_n + \Delta H_o + \Delta H_{аб} . \quad (17)$$

$$H'_0 = 18,24 + 18,24 + 15 = 51,48 \text{ м.}$$

5. Располагаемые напоры в точках теплосети по табл.4 для магистрали:

$$H'_i = H'_0 - 2 \cdot \Delta H_{o-i} , \quad (18)$$

где  $H'_0$  - величина, определенная по (17), м;

$\Delta H_{o-i}$  - потери напора на расчетном участке, определенные в табл. 4, м.

$$H'_1 = 51,48 - 2 \cdot 4,26 = 42,96 \text{ м}$$

$$H'_2 = 42,96 - 2 \cdot 3,12 = 36,72 \text{ м}$$

$$H'_3 = 36,72 - 2 \cdot 3,67 = 29,38 \text{ м}$$

$$H'_4 = 29,38 - 2 \cdot 3,5 = 22,38 \text{ м}$$

$$H'_{9a} = 22,38 - 2 \cdot 3,69 = 15 \text{ м}$$

Для ответвлений:

$$H'_5 = 42,96 - 2 \cdot 4,9 = 33,16 \text{ м}$$

$$H'_{6a} = 33,16 - 2 \cdot 2,38 = 28,4 \text{ м}$$

$$H'_{7a} = 22,38 - 2 \cdot 2,54 = 17,3 \text{ м}$$

$$H'_{5a} = 36,72 - 2 \cdot 3,57 = 29,58 \text{ м}$$

$$H'_{2a} = 42,96 - 2 \cdot 11,05 = 20,86 \text{ м}$$

$$H'_{8a} = 22,38 - 2 \cdot 3,32 = 15,74 \text{ м}$$

$$H'_{4a} = 33,16 - 2 \cdot 6,73 = 19,7 \text{ м.}$$

$$H'_{10a} = 36.72 - 2 \cdot 5.38 = 25.96 \text{ м}$$

$$H'_{1a} = 29.38 - 2 \cdot 4.39 = 20.6 \text{ м}$$

$$H'_{3a} = 29.38 - 2 \cdot 5.99 = 17.4 \text{ м}$$

У абонентов способ присоединения системы отопления к тепловым сетям в МТП – зависимое через смесительные насосы ( $H'_{аб} < 15 \text{ м}$ ). У других, абонентов - зависимое через элеватор ( $H'_{аб} \geq 15 \text{ м}$ ).

### 1.9 Подбор насосного оборудования

Согласно гидравлического расчета проектируемых сетей микрорайона необходимый располагаемый напор в сетях отопления и вентиляции (Т1 и Т2) на выходе из ЦТП для преодоления всех гидравлических сопротивлений необходимо иметь  $H'_o = 51,48 \text{ м}$ . Согласно исходным данным на проектирование на вводе в ЦТП магистральные тепловые сети имеют следующие параметры: напор в подающем трубопроводе 90 м (0.9 МПа); напор в обратном трубопроводе 65 м (0.65 МПа); располагаемый напор в магистральной теплосети на входе в микрорайон (ЦТП) составляет  $H' = 25 \text{ м}$ .

В соответствии с требованием [6] (пункт 3.5) при присоединении систем отопления и вентиляции к тепловым сетям по зависимой схеме для открытой системы теплоснабжения в соответствии с пьезометрическим графиком следует предусматривать, при располагаемом напоре в тепловой сети перед тепловым пунктом (здесь ЦТП), недостаточным для преодоления гидравлического сопротивления трубопроводов и оборудования в ЦТП и систем теплоснабжения после ЦТП (тепловая сеть микрорайона), - подкачивающие насосы на обратном трубопроводе перед выходом из ЦТП.

В системах отопления зданий микрорайона предусмотрены отопительные приборы – чугунные радиаторы. Для их сохранности напор в обратном трубопроводе тепловой сети не должен превышать 60 м. (Имеется же 65 м). В этом же сборнике правил [6] указывается, что при давлении в обратном трубопроводе тепловой сети после теплового пункта, превышающем допустимое давление для систем потребления теплоты предусматривают отсекающий клапан (гидравлический регулятор давления «рассечка») на подающем трубопроводе на вводе в ЦТП, а на обратном трубопроводе на выходе из ЦТП – подкачивающие насосы с предохранительным клапаном (регулятор защиты).

При подборе подкачивающих насосов подачу насоса определяем по расчетному расходу сетевой воды на вводе в ЦТП. В открытых системах теплоснабжения:

$$G_d^{nn} = 3,6(Q_{omax} + Q_{vmax}) / c(\tau_1 - \tau_2) + 3,6 Q_{hmax} / c(\tau_h - t_c), \quad (19)$$

где  $Q_{omax}$ ;  $Q_{vmax}$ ;  $c$ ;  $\tau_1$ ;  $\tau_2$ ;  $Q_{hmax}$ ;  $\tau_h$ ;  $t_c$  – тоже что в (9).

$$G_d^{nh} = 3,6(8420000+550000)/4.19(130 - 70)+3,6 \cdot 6910000/4.19(60 - 5) = 236,4 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Напор подкачивающего насоса принимаем с учетом пьезометрического графика, давления в магистральном обратном трубопроводе (0,65 МПа) и требуемого давления в проектируемом обратном трубопроводе сети микрорайона (0,33 МПа).

$$H^{nh} = 32 \text{ м}.$$

По подаче и напору по каталогу оборудования [7] в качестве подкачивающих насосов принимаем консольные насосы К 100-80-160(90/20) с напором 32 м и подачей 100 м<sup>3</sup>/ч на фундаменте с электродвигателем 5А160S2 мощностью N = 15 кВт.

Из четырех установленных подкачивающих насосов один резервный. Три работают одновременно параллельно (3 по 100 м<sup>3</sup>/ч).

Для дополнения центрального качественного регулирования отпуска тепла по температурному графику, проводимому на источнике тепла (котельная) в ЦТП проводится групповое регулирование в переходный период года (от начала отопительного сезона  $t_n = 8$  °С до «точки излома» т.е.  $t_n = 0$  °С) – изменение параметров в подающем трубопроводе путем подмешивания обратной сетевой воды в прямую корректирующими насосами.

Корректирующие насосы устанавливаются на перемычке между подающим и обратным трубопроводами после отбора воды (на ГВС) из подающего трубопровода и до отбора воды (на ГВС) из обратного трубопровода на смесительные устройства горячего водоснабжения.

При выборе корректирующих насосов подачу насоса следует принимать по расчетному расходу воды в системе, на трубопроводы которой он устанавливается (трубопроводы Т1 и Т2).

$$G_d^{KH} = G_{omax} + G_{vmax} \quad , \quad (20)$$

где  $G_{omax}$ ;  $G_{vmax}$  – расходы воды, определенные по (1) и (2).

$$G_d^{KH} = 33,53 + 2,2 = 35,73 \text{ кг/с} = 130 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Напор корректирующего насоса принимаем по минимально необходимому располагаемому напору в месте присоединения данных насосов.

$$H_{кн} = H'_o = 51,48 \text{ м.}$$

В качестве корректирующих насосов принимаем консольные насосы К100-65-200(90/55) с напором 50 м и подачей 100 м<sup>3</sup>/ч с электродвигателем АИР180М2 мощностью 30 кВт. Из трех установленных корректирующих насосов один является резервным. Насосы установлены параллельно.

В обвязку любого насоса входит обратный клапан, который предотвращает циркуляцию воды через резервный насос.

## 1.10 Оборудование тепловых сетей, ЦТП

В качестве трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные трубы. Для сетей горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения должны предусматриваться оцинкованные трубы.

Подбор труб и запорной арматуры производится по условным давлениям и проходам. Под условным давлением  $P_y$  понимают избыточное давление для длительной эксплуатации при температуре воды 20<sup>0</sup>С. Условный проход  $D_y$ -номинальный внутренний диаметр трубы.

В тепловых сетях применяют электросварные прямошовные трубы по ГОСТ-10704-76 ( $T_1$  и  $T_2$  в данной работе), выпускающиеся с наружным диаметром  $d_n=32-426$ мм; электросварные со спиральным швом по ГОСТ 8696-74 и  $d_n$  более 426мм; оцинкованные стальные трубы по ГОСТ 3262-75 с диаметром  $d_y=15-250$ мм. Соединяются трубопроводы электросваркой. Запорная арматура на тепловых сетях применяется двух видов: клапаны запорные 15с27нж1 (с условным диаметром до 50мм), задвижки типа ЗКЛ2-16 ( $d_y \geq 50$ мм). Для выпуска теплоносителя предусматриваются спускники в виде клапанов ( $d_y$  25-100мм.). Для выпуска воздуха из трубопроводов имеются воздушники в виде клапанов диаметром от 15 до 32мм.

Вся арматура: запорная, дренажная и воздушники располагаются при подземной прокладке тепловых сетей в тепловых камерах (узлах учета). Где устанавливается запорная арматура, сказано в разделе «схема сетей».

Дренаж воды с магистральных участков тепловой сети предусмотрены дренажные колодцы Д из прямков камер, расположенных в нижних точках по профилю сетей. Дренаж с ответвлений к отдельно стоящим зданиям- в прямки камер с последующей откачкой воды передвижными насосами в канализационные колодцы.

Дренажные колодцы Д1, Д2, Д3 устанавливаются возле камер УТ1, УТ3, УТ5.

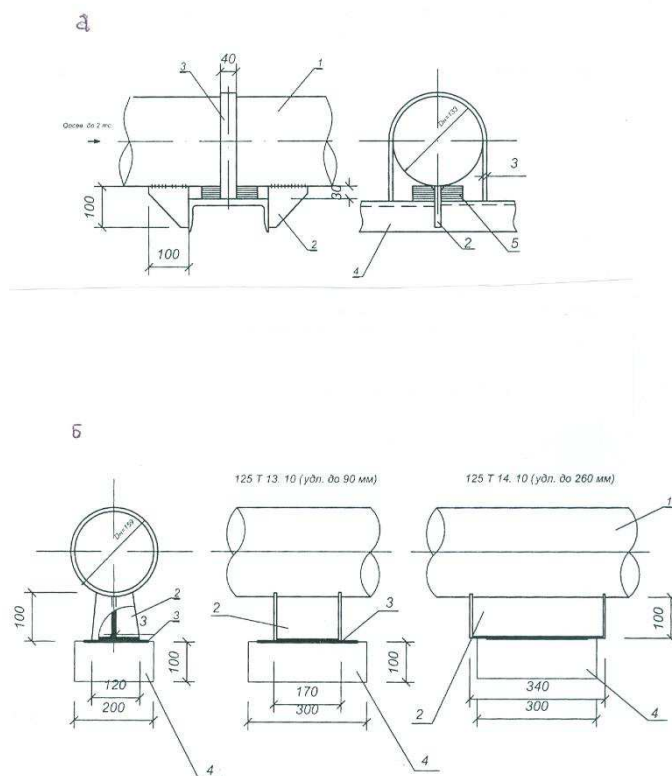


Воздушники установлены в верхних точках трассы (УТ2).

Для Красноярска с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления  $t_{p.o} = -40^{\circ}\text{C}$  вся арматура – стальная. Крепление к трубопроводам - электросварка с помощью фланцевых соединений.

Для размещения трубопроводов на строительных конструкциях применяют опоры : неподвижные и подвижные. Неподвижные опоры (хомутовые, упорные, щитовые) служат для разделения теплопроводов на участки, независимые друг от друга в восприятии усилий от температурных деформаций и внутреннего давления. Размещают неподвижные опоры между компенсаторами, участками труб с естественной самокомпенсацией температурных удлинений, возле узлов трубопроводов и на вводе теплотрассы в здания. В работе применены хомутовые неподвижные опоры (т.к. диаметры трубопроводов сети не слишком большие, т. е.  $\leq 350$  мм).

Устройство хомутовой неподвижной опоры (серия 4.903-10 вып.4) представлено на листе графической части проекта и на рис. 6.



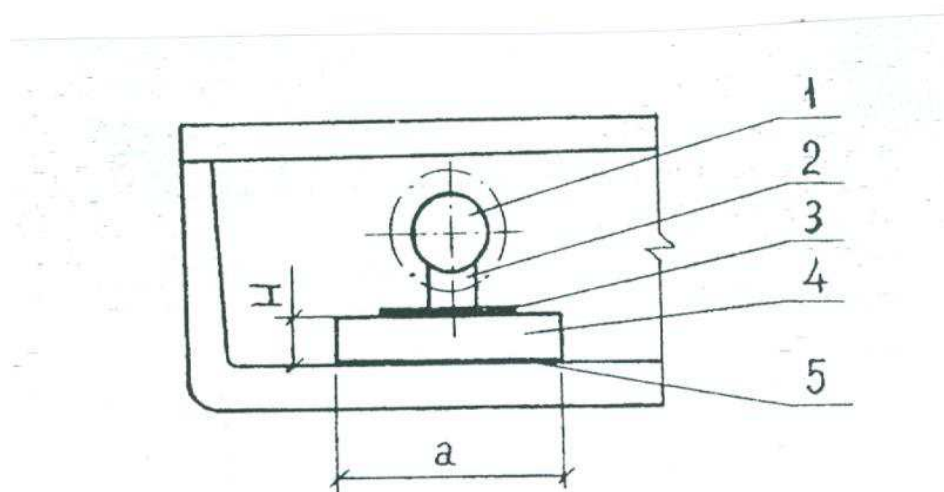
- а – хомутовая неподвижная опора 125Т3.08; 1 – трубопровод теплосети; 2 – ребро (косынка); 3 – хомут; 4 – швеллер (балка); 5 – подкладки (сталь 3 – 10 мм);  
 б – скользящие опоры 125Т13(14); 1 – трубопровод теплосети; 2 – опора скользящая; 3 – металлическая закладная; 4 – бетонная подушка марки ОП.

Рисунок 6 – Опоры трубопроводов тепловой сети

Принцип ее работы: косынки привариваются к трубопроводу по обе стороны от упорной балки (швеллер) и обеспечивают неподвижное положение трубы относительно строительной конструкции (монолитная вставка из бетона под опору). Хомут (стальная лента) удерживает косынки и балку в состоянии зацепления и не является главной частью неподвижной опоры. На трубопроводах тепловых сетей с наружным диаметром 257 – 350 упорная балка состоит из двух швеллеров.

Подвижные опоры (скользящие, катковые, шаровые, подвесные) воспринимают вес трубопроводов и обеспечивают ему свободное перемещение по строительной конструкции.

В работе предусмотрены скользящие опоры (серия 4.93-10 вып. 5) Скользящие опоры располагаются между неподвижными опорами на расстоянии, обеспечивающем минимально допустимый прогиб трубопровода; в компенсаторных нишах и углах поворота трассы. Высота скользящей опоры м.б. 100, 200, 150 мм. Все скользящие опоры в данной работе имеют высоту 100 мм. Принцип работы и устройство скользящей опоры можно показать на изображении сечения канала тепловой сети рис. 7. Сама скользящая опора приваривается на сварке к трубе. Низ опоры скользит по стальной закладной пластине в опорной подушке. Закладная уменьшает силу трения. Скользящие опоры выбираются по диаметру трубопровода и величине температурного удлинения ( $\Delta$ ) на расчетном участке.



1 – трубопровод; 2 – скользящая опора; 3 – закладная;  
4 – опорная подушка; 5 – цементно-песчаный раствор.

Рисунок 7 – Расположение скользящей опоры в канале теплосети

Элементы тепловой сети (трубопроводы, арматура, опоры) покрываются антикоррозийным покрытием. Проектом предусмотрен резино-битумный изол в два слоя по холодной изольной мастике МРБ-Х-Т15.

В качестве тепловой изоляции запроектированы скорлупы из пенополиуритана (ППУ 331/3) 40 мм.

Покровный слой – рулонный стеклопластик РСТ.( так же для подземной трассы можно рубероид,стеклоткань).

Контрольно – измерительные приборы (КИП) включают комплекты для установок в тепловых камерах манометров и термометров (рис. 8).

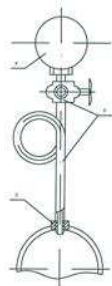
Комплект для установки термометра (изм. t°):

- бобышка (штука с внутренней резьбой под термометровую гильзу) для приварки к трубе;
- оправа защитная с гильзой (в гильзу наливают масло машинное, т.к. оно не кипит при  $t^{\circ}=130^{\circ}\text{C}$ );
- стеклянный термометр со шкалой  $0 \div 130^{\circ}\text{C}$ ;
- прокладка из паронита между бобышкой и гильзой.

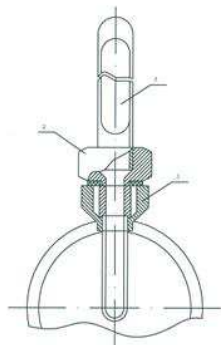
Комплект для установки манометра для измерения избыточного давления в трубопроводе:

- закладная (аналог бобышки);
- отборное устройство (состоит из изогнутой трубки для снижения погрешности измерений и трехходового манометрического крана);
- манометр показывающий МП4 –У.

Установка манометра



Установка термометра



- 1 – стеклянный термометр; 2 – оправа защитная; 3 – бобышка;  
4 – манометр; 5 – отборное устройство (успокоительная трубка Перкенса, Трехходовой манометрический кран); 6 – закладная.

Рисунок 8 – Контрольно-измерительные приборы

При установке термометра на трубу с диаметром менее 76 мм используют расширитель.

В качестве компенсаторов температурных удлинений трубопроводов в работе предусмотрены естественные повороты трассы (Г – и Z- образные компенсаторы), а также П – образные компенсаторы из электросварных труб, уложенные в ниши. Перед установкой (приваркой) П- образные компенсаторы предварительно растягивают на величину половины температурного удлинения ( $\Delta$ ) участка трубопроводов между неподвижными опорами, где расположен данный П- образный компенсатор.

В работе вместо стальных фланцевых задвижек ЗКЛ и клапанов в качестве запорной арматуры приняты краны шаровые стальные с рукояткой, фланцевые типа ДЗТ на условное давление 16 Бар (1,6 МПа) по каталогу ЗАО «Данфос»  $d_y = 15 - 150$  мм.

Шаровые краны состоят:

1. корпус (сталь);
2. запорного шара со штоком (нержавейка);
3. уплотнение шара и сальника (фторопласт);
4. ручка.

Применение их позволит уменьшить высоту камер и глубину заложения лотков теплотрассы.

В тепловых пунктах предусматривается размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации посредством которых осуществляется:

- преобразование вида теплоносителя или его параметров;
- контроль параметров теплоносителя;
- учет тепловых потоков, расходов теплоносителя;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты через распределительные сети;
- защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоты;
- заполнение и подпитка систем потребления теплоты;
- аккумулирование теплоты;
- водоподготовка для систем горячего водоснабжения;
- групповое регулирование в переходный период.

Приборы КИП и учета теплоты следует предусматривать во всех тепловых пунктах (ЦТП и МТП).

Здание ЦТП – одноэтажное, наземное, отдельно-стоящее, расположено на территории больничного комплекса.

Здание ЦТП оборудовано водопроводом, канализацией, водостоком, приточно-вытяжной вентиляцией, общим и ремонтным освещением.

ЦТП в бакалаврской работе – узел подключения квартальный распределительной тепловой сети к магистральным теплопроводам по независимой схеме. Данное ЦТП имеет оборудование: грязевики, корректирующие и подкачивающие насосы, приборы КИП и автоматики.

### **1.11 Расчет компенсации температурных удлинений**

При прогреве тепловых сетей трубопроводы деформируются, возникают температурные удлинения между неподвижными опорами. Они компенсируются в работе с помощью П-образных компенсаторов и за счет естественных поворотов трубопроводов (Г-; Z- образные компенсаторы).

Все расчеты компенсаторов выполняются по подающему трубопроводу Т1, как наиболее нагреваемому ( до 130°С).

По сравнению с сальниковыми компенсаторами, П-образные имеют ряд преимуществ и свои недостатки.

Преимущества П-образных компенсаторов:

- не требует сооружения тепловых камер в местах расположения компенсатора для их обслуживания.

К недостаткам П-образных компенсаторов относится их сравнительно большее гидравлическое сопротивление.

Кроме вышеуказанных компенсаторов на тепловых сетях могут быть установлены следующие виды компенсаторов: линзовые, манжетные, сильфонные, лирообразные и др.

В расчет П-образных компенсаторов необходимо включать определение тепловых удлинений расчетных участков теплопровода, размеров компенсатора, возникающих напряжений и усилий, действующих на неподвижную опору.

Расчет П-образного компенсатора проведем на примере компенсатора К 1, схема которого приведена на листе графической части бакалаврской работы.

Порядок расчета П-образного компенсатора для двухтрубной сети предполагает расчет сначала предельно минимальных размеров П-образного компенсатора, затем уточняется конструкция ниши из ж/б труб и рассчитываются фактические размеры. В работе при четырехтрубной тепловой

сети все сложнее. Сначала определяем допустимые размеры компенсатора для трубопровода Т1 и Т3, затем компануем, т.е. разрабатываем компенсаторную нишу и затем уточняем размеры. Отношение спины (В) компенсатора к вылету (Н) для компенсатора на трубопроводе Т3 выбираем  $V=0,5H$ , а для труб Т1,  $V=H$ .

Компенсаторная ниша своей выпуклой стороной обращена в сторону подающего трубопровода отопления, т.е. Т1; ниша П-образного компенсатора трубопроводов горячего водоснабжения расположена аналогично и находится внутри ниши для Т1, Т2 при рассмотрении на плане движения теплоносителя от ЦТП.

Расчетная схема П-образного компенсатора, расположенного на расчетном участке УТ2-УТ1 приведена в графической части (см лист 5, компенсатор К1).

#### Данные для расчета:

Размеры со схемы на листе графической части приняты по прил.1 [8].

Наружный диаметр подающего трубопровода отопления Т1  $d_{н1} = 0,159\text{м}$ ; тоже для Т3  $d_{н3} = 0,159\text{м}$ ; длина расчетного участка (расстояние между неподвижными опорами Н3 и Н4)  $l = 75\text{ м}$ ; коэффициент температурного удлинения стали  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ ; расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе Т1  $\tau_1 = 130^\circ\text{C}$ ; тоже в трубопроводе Т3  $\tau_r = 60^\circ\text{C}$ ; температура окружающей трубопровод среды в канале  $t_n = 5^\circ\text{C}$ ; модуль упругости стали  $E = 2 \cdot 10^5\text{ МПа}$ ; длина доборных лотков между углами поворота ниши  $l_1 = 0,75\text{м}$ ; основного  $l_2 = 3\text{ м}$ ; модуль инерции  $I_1 = 659 \cdot 10^{-8}\text{ м}^4$ ;  $I_3 = 339 \cdot 10^{-8}\text{ м}^4$ .

Перечисленные данные являются пояснением к формулам 21 – 24).

#### Порядок расчета П-образного компенсатора К1:

Тепловое удлинение участка

$$\Delta = \alpha \cdot l(\tau_1 - \tau_n), \quad (21)$$

где  $\alpha$  - коэффициент температурного удлинения стали, равный  $1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ ;

$l$  - длина расчетного участка (расстояние между неподвижными опорами Н3 и Н4), равная 75 м;

$\tau_1$  - расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе Т1, равная  $130^\circ\text{C}$ ; тоже в трубопроводе Т3, равная  $60^\circ\text{C}$ ;

$\tau_n$  - температура окружающей трубопровод среды в канале, равная  $5^\circ\text{C}$ .

Для трубопровода Т1

$$\Delta_1 = 1,2 \times 10^{-5} \times 75(130-5) = 0,11 \text{ м.}$$

Для трубопровода Т3:

$$\Delta_3 = 1,2 \times 10^{-5} \times 75(60-5) = 0,05 \text{ м.}$$

Расчетное значение вылета компенсатора К1 трубопровода Т1 при условии равенства размеров вылета и спины.

$$H = 19,4 \sqrt{\Delta \cdot d_H} \quad , \quad (22)$$

где  $\Delta$  - величина, определенная по (21), м;

$d_H$  - наружный диаметр подающего трубопровода отопления Т1, равный 0,159м; тоже для Т3, равный 0,159м.

Для трубопровода Т1:

$$H_1 = 19,4 \sqrt{0,11 \times 0,159} = 2,57 \text{ м}$$

Расчетное значение вылета компенсатора К1 трубопровода Т3 при условии  $B = 0,5H$

$$H_3 = 23,15 \sqrt{0,05 \times 0,159} = 2,06 \text{ м.}$$

Фактическое значение вылета компенсатора после выбора комплекта ж/б конструкций компенсаторной ниши К1 при соблюдении условия  $H \leq H_g$

$$H_g = a + n \cdot l_1 \quad (23)$$

где  $a$  – ширина канала теплосети, равная 0,98 м;

$l_1$  - длина доборных лотков между углами поворота ниши, равная 0,75м;

$n$  – число доборных лотков.

Для трубопровода Т1:

$$H_{g1} = 0,98 + 4 \cdot 0,75 = 3,98 \text{ м.}$$

Для трубопровода Т3:

$$H_{g3} = 0,98 + 3 \cdot 0,75 = 3,23 \text{ м.}$$

Фактическое значение спины компенсатора

$$B_g = 2(a - b) + n \cdot l_1 \quad , \quad (24)$$

где  $a$ ;  $n$ ;  $l_1$  - тоже что в (23);

$b$  – расстояние от оси трубы до стенки канала теплосети, равное 0,26 м.

Для трубопровода Т1:

$$B_{g1} = 2 (0,98 - 0,26) + 5 \cdot 0,75 = 5,19 \text{ м}$$

Для трубопровода Т3:

$$B_{g3} = 2 (0,98 - 0,26) + 1 \cdot 0,75 = 2,19 \text{ м}$$

Напряжение изгиба П-образного компенсатора

$$\delta = (3 \times \Delta \times E \times d_n) / (10 \times H_g^2) \quad , \quad (25)$$

где  $\Delta$ - величина, определенная по (21), м;

$E$  - модуль упругости стали, равный  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$d_n$  – тоже что в (22), м;

$H_g$  – величина, определенная по (23), м.

Для трубопровода Т1 при  $B = H$

$$\delta_1 = (3 \times 0,11 \times 2 \cdot 10^5 \times 0,159) / (10 \times 3,98^2) = 66,3 \text{ МПа},$$

что меньше допустимого  $[\delta] = 160$  МПа.

Для трубопровода Т3, при  $B = 0,5H$

$$\delta_3 = (3 \times 0,05 \times 2 \cdot 10^5 \times 0,159) / (7 \times 3,23^2) = 65,4 \text{ МПа} ,$$

что меньше допустимого  $[\delta] = 160$  МПа. Следовательно компенсаторы работают в нормальном режиме.

Сила упругой деформации  $P$ , МН, компенсатора

$$P = \frac{\Delta \cdot E \cdot I}{A} \quad , \quad (26)$$

где  $I$  - модуль инерции  $I_1 = 659 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ ;

$\Delta$ ;  $E$  – тоже что в (25);

$A$  – величина, определяемая по (27).

$$A = 5/3 H_g^3 \quad , \quad (27)$$

где  $H_g$  – величина, определенная по (24), м.

$$A = 5/3 (3,98)^3 = 105,1.$$

$$P = (0,11 \times 2 \times 10^5 \times 653 \times 10^{-8}) / 105,1 = 0,00136 \text{ МН}$$



Длина компенсаторной ниши

$$L = 2a + n \cdot l_1, \quad (28)$$

где  $a$ ;  $n$ ;  $l_1$  - тоже что в (23).

Для трубопровода Т1

$$L_1 = 2 \cdot 0,98 + 5 \cdot 0,75 = 5,71 \text{ м}$$

Для трубопровода Т3

$$L_3 = 2 \cdot 0,98 + 1 \cdot 0,75 = 2,71 \text{ м}$$

Аналогично рассчитываем все имеющиеся на проектируемой тепловой сети больницы П-образные компенсаторы.

Результаты приведены в табл.8.

Таблица 8-Характеристики П-образных компенсаторов (трубы Т1)

Наименование	Наружный диаметр $d_n$ , м	Температурное удлинения $\Delta$ , м	Вылет $H$ , м	Спина $B$ , м	Напряжение $\delta$ , МПа
К1, К2	0,159	0,11	3,98	5,19	66,33
К3, К4	0,133	0,13	3,7	4,79	75,8
К5, К6	0,076	0,13	3,7	4,79	50,7
К7, К8, К9	0,076	0,12	3,72	4,75	39,5

### 1.12 Определение усилий на неподвижную опору

Расчет проведем на примере определения осевых усилий на неподвижную опору НЗ на участке между узлами УТ2 и УТ1 (см. рис.9).

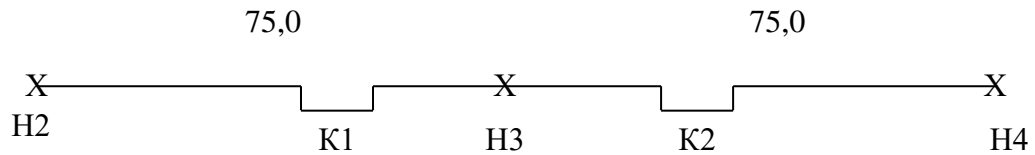


Рисунок 9 – Схема расчетного участка

Данные для расчета равны  $d_n = 0,159$  м; вес одного погонного метра трубы  $g = 503$  н/м; коэффициент трения  $\mu=0,4$ ; сила упругой деформации из расчета компенсаторов К2 и К1  $P = 0,00136$  МН = 1610 Н; длина расчетного участка  $l = 89$  м.

Осевое усилие на неподвижную опору Н3 с учетом сил трения в скользящих опорах и реактивных сил  $P$  в П-образных компенсаторах К1 и К2

$$H_3 = 0,3(\mu \cdot g \cdot l + P), \quad (29)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения, равный 0,4;

$g$  - вес одного погонного метра трубы, равный 503 н/м;

$P$  - сила упругой деформации из расчета компенсатора К1, равная 1360Н.

$l$  – длина участка между неподвижными соседними опорами, равная 75 м.

$$H_3 = 0,3(0,4 \cdot 503 \cdot 75 + 1360 = 0,005 \text{ МН} = 5 \text{ КН} = 0,5 \text{ т.с. (тонна сила)})$$

Осевое усилие на неподвижную опору необходимо рассчитывать для выбора типа неподвижной опоры.

До 2,5 т.с. – хомутовая опора ( Ду = до 200 мм. )

Более 2,5 т.с. – лобовая опора ( Ду более 250 мм.)

### 1.13 Тепловая изоляция

Для уменьшения тепловых потерь в тепловых сетях предусмотрена изоляция трубопроводов, арматуры и опор теплоизоляционным покрытием.

В общем случае конструкция теплоизоляции теплопровода состоит из тепловой изоляции и покровного слоя.

Конструкция теплоизоляции зависит от температуры теплоносителя, способа прокладки тепловой сети и от диаметра труб.

Для любой, кроме бесканальной подземной прокладки сетей, материалы теплоизоляционных покрытий должны удовлетворять следующим требованиям: плотность  $\rho \leq 400 \text{ кг/м}^3$ ; коэффициент теплопроводности  $\lambda \leq 0,07 \text{ КДж/кг} \cdot \text{гр}$ .

Для бесканальной :  $\rho \leq 600 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda \leq 0,13 \text{ КДж/кг} \cdot \text{гр}$ ;

Расчетные характеристики теплоизоляционных материалов приведены в СНиП 2.04.14 – 88 «Теплоизоляция оборудования и трубопроводов» [9]. (СНиП 41-03-2003).

В данной работе предусмотрена теплоизоляция из пенополиуритана (ППУ 331/3). ППУ – наиболее эффективный изоляционный материал, имеет наименьшую теплопроводность  $\lambda = 0,02 \div 0,03 \text{ Вт/м} \cdot \text{к}$  ( $\lambda$  мин.ваты =  $0,05 \div 0,07 \text{ Вт/м} \cdot \text{к}$  в сухом состоянии и  $0,18 \text{ Вт/м} \cdot \text{к}$  во влажном состоянии). ППУ имеет достаточную монтажную и эксплуатационную прочность ( $0,3 - 0,4 \text{ МПа}$ ), широкий интервал рабочих температур ( $-180^\circ\text{C}$  до  $150^\circ\text{C}$ ).

Главные преимущества ППУ скорлупами по сравнению с традиционными способами – минеральной ватой, - высокоэффективная теплоизоляция, достаточная монтажная и эксплуатационная прочность, теплостойкость, стойкость к воздействию химических сред и атмосферных осадков, низкая трудоемкость и высокая производительность монтажа (экономия трудозатрат до 70%), возможность многократного использования после демонтажа, быстрый доступ к поврежденным участкам труб, возможность круглосуточного монтажа в любое время года. Скорлупы из ППУ гарантируют надежность теплоизоляции в течение 30 лет. (минвата – до 5 лет), повышают технический уровень прокладки теплотрасс. ППУ легко поддается механической обработке - режется, пилится, сверлится. ППУ является экологически чистым материалом, не аллерген, он разрешен к применению в жилых помещениях.

Для обеспечения долговременной надежности теплоизоляционные скорлупы с внешней стороны покрыты защитным материалом – стеклоизолом, стеклотканью, фольгой и т.д. ( В работе – рулонным стеклопластиком РСТ).

При этом покрывной материал экономится на 44% т.к. толщина изоляции из ППУ в 2,5 раза меньше изоляции из стекловаты. Применяемые толщины скорлуп из ППУ  $35 \div 70 \text{ мм}$ . Эффективность ППУ: фактические теплотери снижаются до  $2 \div 3\%$  что а 1,7 раз меньше нормативных потерь тепла. А у минваты – потери доходят до 25%.

Скорлупы крепятся на трубе бандажами из стальной оцинкованной ленты  $0,7 \times 20 \text{ мм}$  через  $500 \text{ мм}$ . После закрепления скорлуп производится заливка продольных и поперечных швов пенополиуританом.

Толщину теплоизоляционного слоя рассчитываются двумя способами:

- 1) по допустимым нормам плотностей теплового потока через слой теплоизоляции ( в связи с политикой энергосбережения эти нормы пересмотрены в сторону уменьшения).
- 2) По заданной величине температуры на поверхности теплоизоляционного слоя.

В данной работе толщина теплоизоляции не рассчитывалась. Пользовались практическими рекомендациями проектных институтов.

Трубопроводы диаметром до 50 мм можно изолировать пухшнуром.

В качестве покровного слоя от воздействия среды (защита основного теплоизоляционного слоя от воздействия среды) при подземной канальной прокладке принимают рубероид или стеклопластик. В качестве покровного слоя принят рулонный стеклопластик марки РСТ.

Применение металлических покрытий (оцинкованная сталь, алюминий) запрещено для подземных прокладок теплосетей.

### **1.14 Продольный профиль сетей**

На продольном профиле тепловых сетей в определенном масштабе, по [10] в виде разверток по оси трассы наносят:

- поверхность земли проектную сплошной тонкой линией;
- уровень грунтовых вод – тонкой штрихпунктирной;
- пересекаемые надземные и подземные сооружения; коммуникации с нанесением их размеров и высотных отметок;
- элементы тепловых сетей: каналы, камер, ниши П-образных компенсаторов, опоры;
- размеры лотков и номера сечений;
- строительные отметки пола и потолка каналов;
- длину и уклон трубопроводов.

Уклоны трубопроводов водяных тепловых сетей принимаются не менее 0,002. Уклоны разрешают менять в камерах (УТ). Уклон на участках, примыкающих к зданиям выполняют всегда в сторону тепловой камеры.

Заглубление от поверхности земли не менее:

До верха перекрытий каналов – 0,5 м (в работе 1,4м);

До верха перекрытия камер – 0,3м (в работе 0,4м).

В работе уклоны участков соответствуют естественным уклонам земли вдоль оси трассы.

Продольный профиль необходим для:

- безопасного выполнения земляных работ и определения объемов выбираемого грунта;
- определения мест установки дренажных узлов и воздушников в камерах;
- определения строительных отметок котлованов под камеры и окон в стенах для примыкания лотков к тепловым камерам.

### **1.15 Защита тепловой сети от коррозии**

Коррозия сокращает срок службы тепловых сетей до 10-15 лет (на 60%). Согласно теории скорость коррозии максимальна при температуре 70-80°С. Именно такова средняя температура за год теплоносителя.

Виды коррозии: внутренняя, наружная. Внутреннюю коррозию вызывает кислород, содержащийся в сетевой воде или конденсате. В водяные тепловые сети кислород попадает главным образом с подпиточной водой, через неплотности оборудования, подсоса воздуха.

Различают язвенную коррозию – в нижних застойных участках трубопроводов, где скапливается грязь. На поверхности металла образуются отдельные участки глубоких поражений. Со временем процесс язвенной коррозии приводит к сквозному протравливанию металла труб.

Распределенная коррозия захватывает большие участки труб по длине, хотя скорость ее меньше.

Следствия внутренней коррозии:

- безвозвратно теряется металл;
- увеличивается шероховатость внутренней поверхности труб, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления и росту расхода Эл. Энергии на перекачку теплоносителя;
- при окислении образуется налет на внутренних стенках труб, снижается сечение труб;
- засорение запорной арматуры, отопительных приборов, снижается их теплопроизводительность.

Меры борьбы с внутренней коррозией:

- во всех отключаемых трубопроводах и аппаратах следует обеспечить полное удаление влаги;
- поддержание во всех точках водяных тепловых сетей избыточного давления не менее 0,05 МПа для предотвращения подсоса воздуха;
- организация качественной подпитки (ХВО, деаэрация);

- выпуск (периодически) воздуха в верхних точках теплосети;
- применение ингибиторов (замедлителей коррозии): силикат натрия, т.е. жидкое стекло, которые создают внутри труб защитные пленки;
- применение труб из металлопластика.

Наружная коррозия является следствием химических или электрохимических реакций, возникающих под воздействием окружающей среды. При химической коррозии металлы непосредственно вступают в химические соединения с активными газами и жидкостями, насыщающими среду. В электрохимическом процессе коррозии разрушение металла происходит в результате соприкосновения с электролитами при котором вместе с химическим воздействием возникает движение электрического тока.

Почвенной коррозии подвержены особенно бесканальные прокладки тепловых сетей.

Меры борьбы с наружной коррозией:

- правильный выбор способа прокладки тепловой сети;
- обработка грунта, замена грунта в основании трассы и засыпка чистым песком;
- антикоррозийное покрытие труб ( силикатные эмали, стеклоэмали, мастики);
- поддержание постоянного режима эксплуатации тепловой сети;
- применение мер по осушению трассы, гидроизоляция каналов и тепловых камер битумом.

## **1.16 Строительные конструкции тепловой сети**

### **1.16.1 Непроходные каналы**

При подземной прокладке тепловых сетей широкое применение получили непроходные каналы (рис. 12), в которых уложены теплопроводы. Основным конструктивным элементом используемым при сооружении каналов, служит сборный железобетон, показавший достойную надежность и долговечность при эксплуатации в условиях повышенной температуры и влажности среды.

Согласно серии 3.006. 1-8 «Каналы и тоннели сборные железобетонные из лотковых элементов» каналы типа КЛ состоят из лотков марки ЛК и плит перекрытия марки ПТ. Основные лотки и плиты имеют по этой серии длину 3000мм, доборные – 750мм. Ширина каналов составляет от 140 до 3500мм, высота каналов меняется от 210 до 1300мм.

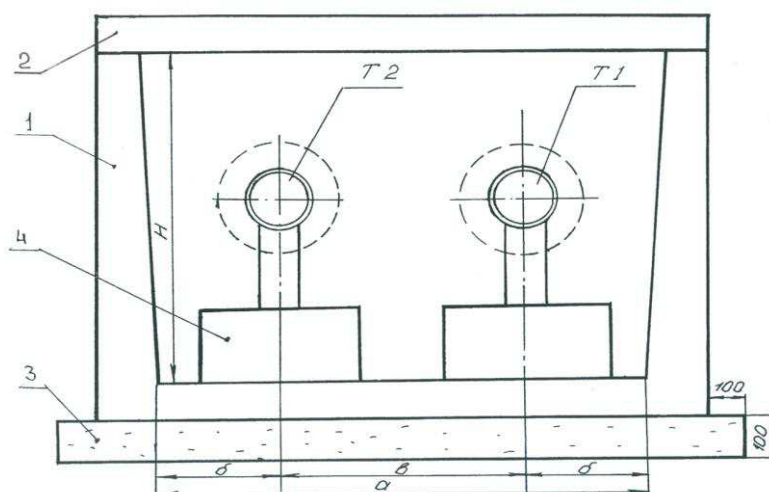
Стыки каналов заделываются цементным раствором, каналы гидроизолируются битумом. В местах примыкания каналов к зданиям и тепловым камерам выполняют деформационные швы.

Трубопроводы тепловых сетей и горячего водоснабжения при четырехтрубной прокладке следует располагать в изолированных друг от друга каналах.

Важной конструкцией тепловых сетей являются неподвижные опоры, служащие для разделения теплопроводов на участки, не зависящие друг от друга в восприятии усилий от температурной деформации.

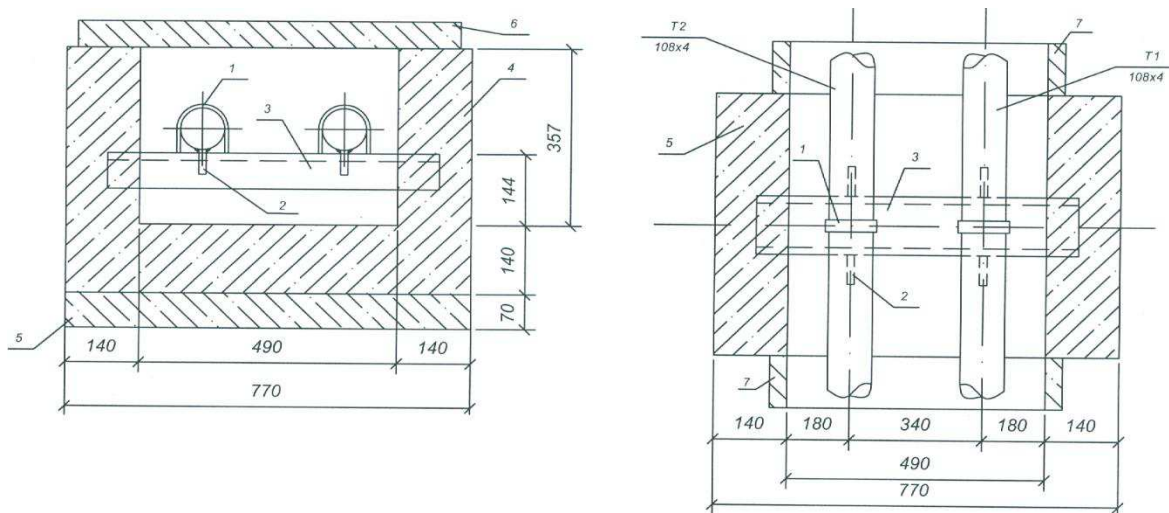
При применении П-образных компенсаторов неподвижные опоры выносятся за пределы тепловых камер и располагаются между лотками теплотрассы.

Принятые в работе хомутовые неподвижные опоры устанавливаются при помощи монолитной вставки из бетона. Упорная балка неподвижной опоры в виде швеллера определенной длины заделывается в монолитную вставку опоры, выполненную из бетона марки В15.



1 – лоток типа КЛ; 2 – плита перекрытия типа ПТ;  
3 – подготовка; 4 – опорная подушка типа ОП.

Рисунок 10 – Непроходной канал типа КЛ



1 – хомут; 2 – ребро (косынка); 3 – балка (швеллер); 4 – бетон В 15;  
5 – подготовка (бетон В 7,5); 6 – плита перекрытия ПТ; 7 – канал теплосети.

Рисунок 11 – Монолитная вставка неподвижной опоры

Сама монолитная вставка неподвижной опоры опирается на бетонную подготовку марки В 7,5, сверху накрывается доборной плитой перекрытия лотков и торцами упирается в лотки теплотрассы (рис 13).

Длина монолитной вставки под неподвижную опору составляет 750мм для любого типа непроходного канала, внутренние размеры вставки соответствуют габаритам лотка данного расчетного участка теплотрассы, где установлена опора.

Кроме неподвижных опор, в лотках теплотрассы размещаются скользящие опоры, служащие для свободного перемещения трубопроводов относительно строительных конструкций при температурной деформации теплопроводов.

Строительная конструкция, по которой происходит перемещение скользящей опоры, называется опорной подушкой, последняя имеет на верхней поверхности закладную металлическую пластину для уменьшения силы трения. Опорная подушка крепится к полу канала на цементный раствор толщиной 10мм.

### 1.16.2 Углы поворота каналов

Углы поворота непроходных каналов теплотрасс выполняются из сборных ж/б конструкций по серии 3.006. 1-8 вып. 0-2 «Узлы трасс».

Нижняя часть угла поворота состоит из плиты днища марки ПДУ. Сверху угол канала накрывается плитой перекрытия марки ПТУ. Просветы между



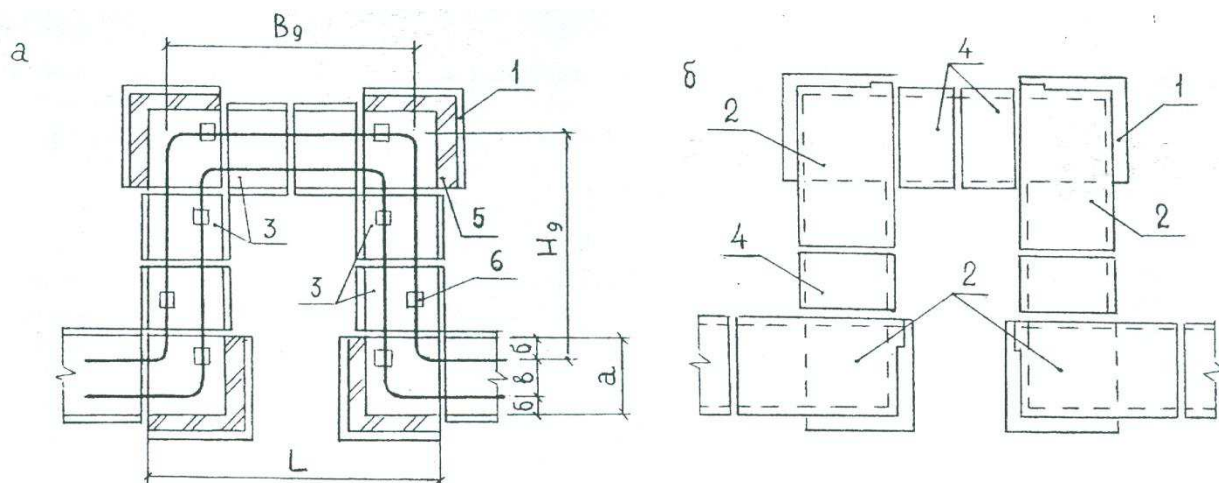
лотками с двух сторон заделываются кирпичной кладкой толщиной от 250 до 510мм. Стыки плит заделываются цементным раствором и гидроизолируются, как каналы.

### 1.16.3 Ниши компенсаторов

П-образные компенсаторы размещают в нишах (рис. 14). Каждая ниша П-образного компенсатора состоит из четырех углов поворота непроходного канала и трех комплектов лотковых элементов с плитами перекрытия, расположенных между углами поворота.

Тип и число лотков между углами ниши определяют из расчета размеров вылета и спины П-образного компенсатора.

Ниша компенсатора всегда располагается своей выгнутой частью в сторону подающего трубопровода, который в свою очередь размещается в лотке справа по ходу теплоносителя от ЦТП.



- а – комплект лотковых элементов; б – комплект плит перекрытия;  
 1 – плита днища угла поворота ПДУ; 2 – плита перекрытия угла поворота ПТУ;  
 3 – лоток ЛК; 4 – плита перекрытия лотка ПТ; 5 – кирпичная кладка;  
 6 – опорная подушка ОП; а – ширина лотка; L – длина ниши,  $H_d$  – фактический вылет компенсатора;  $B_d$  – фактическая спина компенсатора.

Рисунок 12 – Устройство ниши П-образного компенсатора

### 1.16.4 Тепловые камеры

При подземной прокладке тепловых сетей для размещения узлов трубопроводов (УТ), запорной арматуры, спускников и воздушных клапанов,

контрольно-измерительных приборов, сальниковых компенсаторов и неподвижных опор для сальниковых компенсаторов сооружают камеры.

Размеры камер принимаются из условий нормального обслуживания размещенного в камере оборудования и арматуры. Наименьшая высота камер 2м. Минимальное заглубление перекрытия камер от поверхности земли 0,3м, а от верха дорожного покрытия 0,5м.

Строительную часть камер (рис. 15) выполняют из сборного железобетона. Стены камер выкладываются из строительных фундаментных блоков типа ФБС. Пол камеры выполняют в виде монолитной плиты основания из бетона В15 с уклоном в сторону приямка. Строительные отметки низа и верха проемов в стенах камеры для примыкания каналов в магистральном направлении принимаются по продольному профилю сетей.

При проектировании камер необходимо соблюдать следующие условия:

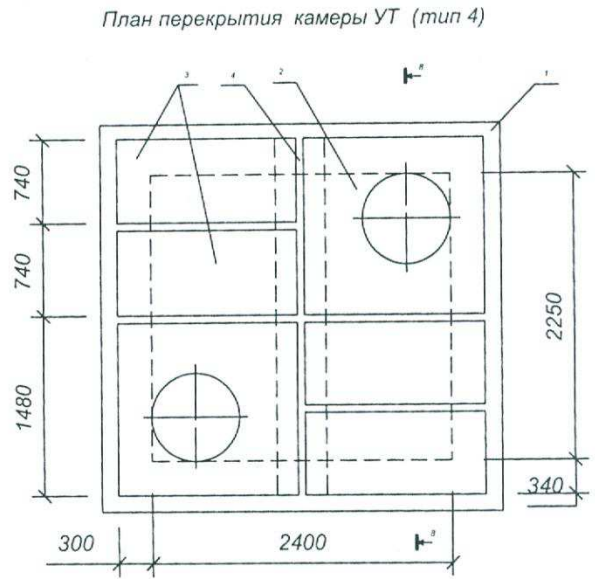
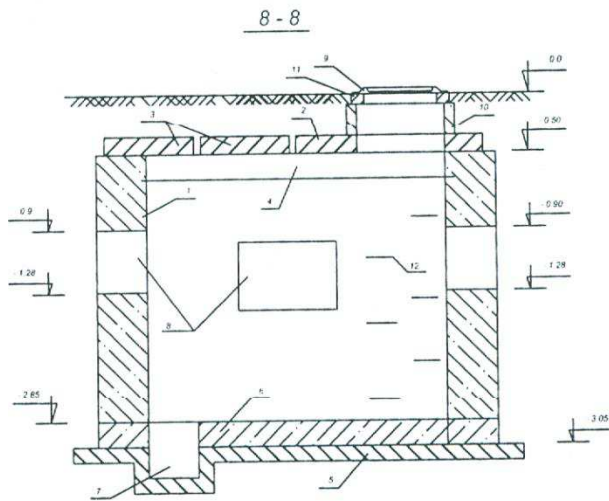
- в перекрытиях камеры при внутренней площади от 2,5 до 6м<sup>2</sup> должно быть не менее двух люков диаметром 630 мм, расположенных по диагоналям. При наличии сальниковых компенсаторов, при длине камеры до 3,5 м и наличия одного ответвления с проходом под трубами менее 1м количество люков должно быть не менее трех; при длине более 3,5м, внутренней площади камеры 6м<sup>2</sup> и более, при наличии двух ответвлений- не менее четырех;

- каждый люк должен быть оборудован металлической лестницей или ходовыми скобами. Горловина люка выполняется из ж/б колец диаметром 700мм при высоте засыпки над перекрытием камеры не более 1м. При большей высоте засыпки диаметр горловины устанавливается не менее 1000мм;

- камеры тепловых сетей должны быть защищены надежной гидроизоляцией от грунтовых вод;

- пол камеры должен иметь уклон  $I = 0,02$  в сторону приямка в углу камеры для сбора дренажной воды. Размеры приямка 400 x 400мм, глубина 300 мм;

- сальниковые компенсаторы и задвижки должны устанавливаться в разбежку со смещением на 100 мм.



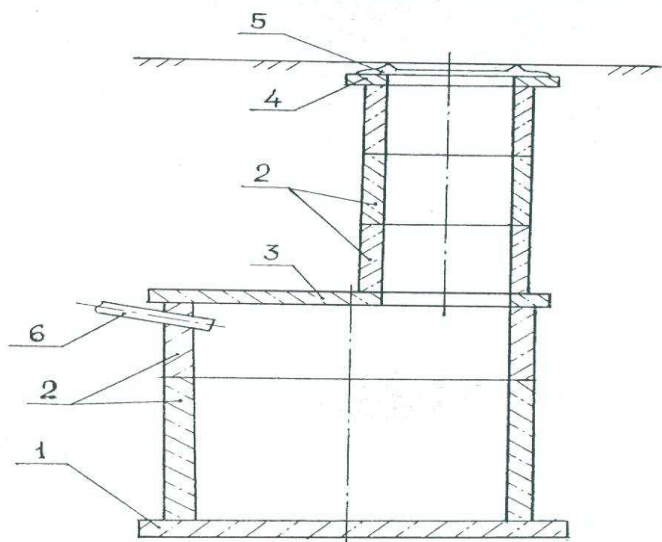
- 1 – стены камеры (ФБС); плита перекрытия ПТО; 3 – плита перекрытия ПТ;  
 4 – балка; 5 – подготовка (бетон В 7,5); 6 – пол камеры (бетон В 15);  
 7 – приямок; 8 – проемы в стенах камеры для примыкания каналов теплосети;  
 9 – люк; 10 - кольцо стеновое КС 7.3; 11 – кольцо опорное КО 6; 12 – скобы.

Рисунок 13 – Тепловая камера

### 1.16.5 Дренажные колодцы

Из приемков камер, расположенных в нижних точках трассы, должны предусматриваться самотечный отвод воды в дренажные колодцы и устройство отключающих клапанов на входе самотечного трубопровода в колодец.

Отвод из приемков других камер, расположенных в нижних точках по профилю трассы, должен предусматриваться передвижными насосами в систему канализации.



1 – плита днища ПН; 2 – кольцо стеновое КС; 3 – плита перекрытия ПТ;  
4 – кольцо опорное КО; 5 – люк Л; 6- дренажная труба.

Рисунок 14 – Дренажный колодец

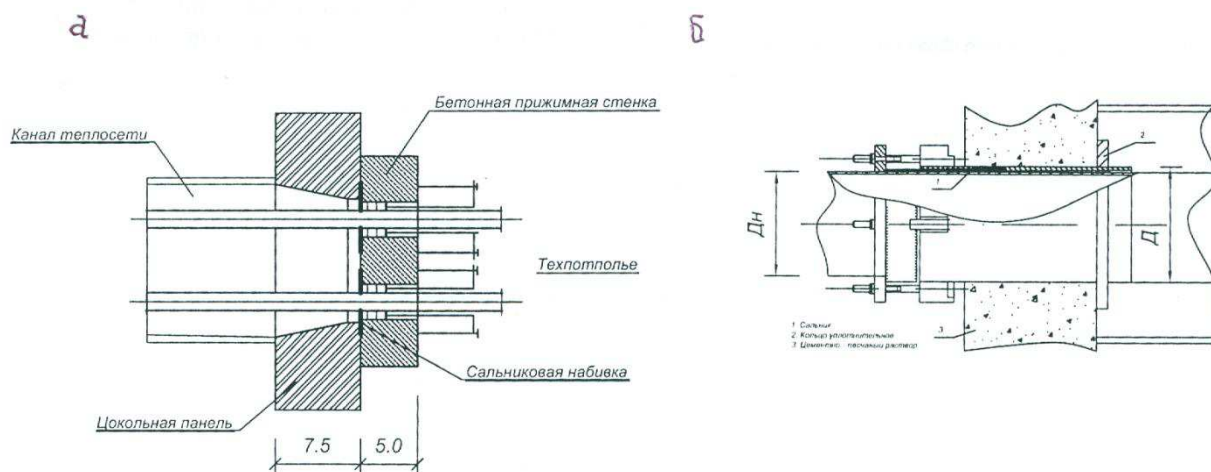
Отметка дна дренажного колодца должна приниматься ниже отметки дренажной трубы на величину, определенную из условия заполнения данного колодца при полном опорожнении трубопроводов расчетных участков.

Дренажные колодцы (рис. 16) для тепловых сетей выполняются из сборного ж/б по серии 3.900.1-14 «изделия ж/б для круглых колодцев водопроводов и канализации».

В работе строительные конструкции тепловой сети принимались по методическим указаниям [8].

### 1.16.6 Водогазонепроницаемые перегородки

Ввод тепловых сетей в здания выполняют при помощи водогазонепроницаемых перегородок (рис. 17). Они препятствуют попаданию в каналы теплосети и в подвалы зданий при аварийных ситуациях воды и газов. При диаметре трубопровода теплосети 100 мм и более применяют стандартные сальниковые компенсаторы (серия 5.903.13 выпуск 4), при диаметре 25-80 мм используют упрощенную конструкцию сальника. После установки сальников, выполняют заделку сальниковых компенсаторов.



а – газонепроницаемый сальник ГС 25 – 80; б – сальниковый компенсатор.

Рисунок 15 – Водогазонепроницаемый ввод теплосети в здание

### 1.17 Энергосбережение

Применение таких трубопроводов является основным источником теплосбережения в строительстве тепловых сетей.

Мероприятия для энергосбережения, применяемые в бакалаврской работе по теплоснабжению:

- 1) Соблюдение требований нормативной документации (СНиП, СП и др.) при проектировании и монтаже систем теплоснабжения;
- 2) Применение центрального качественного регулирования (ЦКР) отпуска тепловой энергии от источников тепла (температурный график сетевой воды);
- 3) Дополнительные ЦКР групповым регулированием (в переходный период) в ЦТП при помощи корректирующих подмешивающих насосов;

Местным регулированием на МТП отпуска тепла на отопление здания при помощи смесительных (подмешивающих) насосов;

4) Применение термостатических клапанов на отопительных приборах для индивидуального регулирования потребления тепла;

5) Автоматизация тепловых пунктов;

6) Применение регуляторов температуры в системах горячего водоснабжения для предотвращения перегрева воды после подогревателя ГВС;

7) Применение систем ГВС с циркулирующей воды (4-х трубная тепловая сеть);

8) Применение баков-аккумуляторов горячей воды;

9) Использование современных пластинчатых водоподогревателей с повышенной эффективностью теплопередачи и низкими гидравлическими потерями давления в подогревателях (снижение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителей);

10) Использование частотно-регулируемых приводов силового оборудования (насосов)

11) Применение в качестве запорной арматуры шаровых кранов, имеющих минимальные гидравлические сопротивления и не имеющих утечек через сальники;

12) Дренажные устройства на ответвлениях от узлов (камер) к зданиям позволяем экономить сливаемую воду при авариях;

13) Водогазонепроницаемые перегородки на вводах тепловых сетей в зданиях позволяет защитить тепловую изоляцию теплопроводов от намокания и разрушения, снижения ее теплозащитных функций.

## **2 Технология монтажных и заготовительных работ.**

### **2.1 Конструктивная характеристика**

Тепловые сети предназначены для транспортировки теплоносителя от места выработки к месту потребления. Трассу тепловой сети прокладывают в отведенных для инженерных сетей технических полосах параллельно улицам, дорогам и проездам.

Предусмотрена подземная прокладка непроходных каналов типа КЛ, выполненных из железобетона.

По схеме подачи тепла тепловая сеть является тупиковой в двухтрубном исполнении, одна из которых является подающей, т.е. доставляющей теплоноситель к потребителю, а вторая – обратной, по которой охлажденная

вода возвращается от потребителя к источнику теплоснабжения для повторного подогрева

К тепловой сети относят следующие конструкции:

- трубопровод;
- подвижные и неподвижные опоры;
- запорно-регулирующая аппаратура;
- П – образные компенсаторы.

Для обслуживания запорно-регулирующей аппаратуры на трассе устанавливают тепловые камеры. Камеры устанавливают из сборных железобетонных элементов. Вход в камеру для обслуживания запорной арматуры предусматривают через два люка. Для спуска в камеру под люков в стену заделаны скобы. Для предотвращения коррозии трубопроводов устроена нормальная противокоррозийная изоляция. По предотвращению потерь тепла теплоносителя, транспортирующего по трубопроводу, предусмотрена теплоизоляция из пенополиуритана (полуцилиндры).

## **2.2 Объём и последовательность выполнения подготовительных работ**

До начала прокладки трассы трубопроводов нужно получить разрешение на выполнение работ в соответствующих организациях. Разрешение на разработку грунта выдаёт административная инспекция соответствующего района по землепользованию, указывая срок и условия производства работ. Затем, нивелируют, производят разбивку на местности трассы тепломагистрали в соответствии с координатами, нанесёнными на генплане привязкой их к ближайшим зданиям, соответствующими люками подземных колодцев или к другим сооружениям.

Через каждые 200-250м. На поворотах или на пересечениях с поперечными осями ниш и камер, трассу фиксируют деревянными кольшками, на которые наносят координаты инвентаризированные отметки для каналов, камер и ниш. Границы рытья траншей, ниш, камер различают забивкой временных кольшков по их наружным габаритам через каждые 20-25м; по трассе тепловых сетей через каждые 50м устанавливают постоянные визирки.

По окончании геодезической разбивки трассы устанавливают ограждение, производят очистку территории, строительство временных сооружений, проводку временного ограждения и освещения трассы, проводку воды и электроэнергии.

Параллельно трассе устанавливают временные дороги для проезда автотранспорта и подъезда к месту работы строительных механизмов, располагаемых вне призмы обращений грунта.

На трассу завозят инвентарные временные здания для производителей работ и мастеров, для кладовой, для приёма пищи, для хранения инвентаря,

материалов и инструментов, для склада инвентарные щиты ограждений и креплений, переходные мостики и лестницы.

До начала строительного монтажа на трассу завозят материалы, необходимые для монтажа, готовят инструменты.

### **2.3 Выбор метода монтажа и последовательность производства строительно-монтажных работ**

Тепловую сеть сооружают поточным методом с применением комплексной механизации монтажных, транспортных и погрузочных работ.

Трассу разбивают на захватки, работу ведут по шести комплексам, у каждого комплекса своя бригада. Последовательность и технология производства строительно-монтажных работ выглядит следующим образом;

#### **1. Земляные работы.**

После геодезической разбивки трассы теплопроводов, установки ограждений места разбивки, сигнального освещения и подготовки проездов, для землеройных машин, готовят траншеи экскаватором марки Э-3026. Ёмкость ковша – 0,4м<sup>3</sup>, проход для экскаватора начинают по оси траншеи. Траншею роют экскаватором на глубину меньше проектной отметки на 0-1м.

Остаточный грунт вывозят автосамосвалом КАМАЗ-5511 на свалку на расстояние 5км.

Траншею до проектной отметки углубляют в ручную лопатами, а грунт при этом удаляют при помощи ковша экскаватора.

Дно траншеи разравнивают, стенки делают без креплений в местах установки каждой с откосом 1:0,2. В местах установки камер – при глубине до 3м – 1:0,5.

#### **2. Устройство железобетонных конструкций, каналов, камер.**

Монтаж осуществляется в соответствии с рабочими чертежами конструкций, проектом производства работ и правилами техники безопасности. Монтаж лотков канала типа КЛ, элементов камер из железобетона, производят автокраном. Плавно без рывков, раскачиваний на высоту 0,5 – 0,3м от поверхности земли поднимают изделие и опускают в проектное положение и устанавливают их плавно, без толчков и ударов. Стропы снимают после окончания выверки правильности установки. Вертикальные и горизонтальные швы между конструкциями заделывают цементным раствором.

Неподвижные опоры выполняют из монолитного железобетона, устанавливают крепёж на предварительно установленные основания.

Для тепловой сети применены электрогазосварные трубы (ГОСТ 10704-91) длиной 1=10м. До начала монтажных работ трубы собирают в звенья по четыре штуки на бровке траншеи. Затем тщательно проверяют соответствие проектным размерам по диаметру, толщине стенок их сертификату качества, при необходимости выправляют деформационные концы. Перед сборкой стальных труб надлежит полностью отчистить трубы от грунта и грязи. При



дуговой сварки кромки трубы и прилегающие к ним внутреннюю и внешнюю поверхности на 10см отчищают до металлического блеска. Подгонку концов труб и центровку производят с помощью центраторов. Состыкованные трубы закрепляют при помощи прихватки.

При ручной дуговой сварки отдельные слои швов накладывают следующим образом, чтобы затыкающие участки швов не совпадали друг с другом. Первый слой обеспечивает полный провар корки шва. Второй полный провар кромок. Участки слоёв шва с порами, раковинами и трещинами вырубают до чистого металла, а каверы шва тщательно заваривают. Сварные стыки являются поворотными вертикальными.

### 3. Монтаж трубопроводами арматуры.

Трубы опускают в траншею звеньями с помощью двух однотипных автокранов. Строповку производят в двух точках, после чего, звено поднимают кранами на 0,7м от поверхности земли. Убедившись в надёжности строповки и устойчивости механизмов, звено перемещают в проектное положение, изменяя вылет стропы. Звено опускают плавно без рывков. После выверки положения звена на дне канала снимают стропы, передвигают краны и цикл повторяют.

Окончив строповку звеньев и сварку труб, производят их рихтовку, а также установку и приварку к трубопроводам скользящих опор. При рихтовке следует соблюдать, чтобы от поверхности изоляции труб до стенки канала между поверхностями - 70 мм, уложенных рядом труб расстояние между их изоляцией было не менее 10 мм.

При прокладке трубопроводов подающую трубу укладывают справа по ходу движения теплоносителя.

Перед монтажом арматуры производят ее ревизию. Арматуру устанавливают таким образом, чтобы к ней был облегчен свободный доступ во время эксплуатации и ремонта.

Места установки арматуры на трассе должны полностью предохраняться от восприятия каких-либо изгибающих усилий. После установки на место задвижек, их центровки к трубопроводам и точной инструментальной проверки правильности их установки и совпадение осей производят сборку патрубников и окончательное закрепление фланцевых соединений с установкой прокладок. Подтяжкой труб и стыковкой их с патрубниками производят с двух сторон задвижек, после чего сваривают стыки.

При монтаже задвижек фланцы на трубопроводе устанавливают без перекосов и при полном совпадении болтовых отверстий с отверстиями во фланцах задвижек. Болты заворачиваются параллельными гаечными ключами, не допуская сильной затяжки.

П-образные компенсаторы заводят на трассу в собранном виде. Соединяют компенсаторы с трубопроводами посредством сварки. Компенсатор перед его установкой проверяют на специально приспособленной площадке, растягивая при монтаже на величину указанную в проекте.

Растяжку производят следующим образом:

После установки автокраном на место строповки и прихватки компенсатора к трубопроводу с выверкой осей совпадения производят сварку стыков с обеих сторон компенсатора. Растяжку компенсатора при его установке перед сваркой не производят.

Растяжку компенсатора при его установке перед сваркой не производят. Сопряжение компенсатора с трубопроводом должно быть прямолинейным, без перекосов. Компенсатор устанавливают так чтобы его симметрия была сдвинута от рабочего положения на одну четверть компенсирующей способности в сторону той неподвижной опоры, между которой и компенсатором все стыки уже сварены. Для растяжки компенсатора у другой точки оставляют не сваренный стык, причем, расстояние между кромками стыка берется равным проектной величине растяжки компенсатора.

Все остальные стыки на трубопроводе между неподвижными опорами должны быть сварены. На оба конца, не сваренного стыка приваривают фланцы с отверстиями для пропуска стяжных болтов сближают кромки труб не сваренного стыка до пределов необходимых для сварки, после чего этот стык сваривают.

Построенные трубопроводы тепловых сетей перед сдачей их в эксплуатацию испытывают на прочность и плотность давления воды.

При испытании проверяют герметичность и плотность сварки швов, труб, фланцевых соединений, арматуры и линейного оборудования.

Начиная предварительное гидравлическое испытание, давление поднимают до пробного  $P_{пр}$ , которое равно 1,25 рабочего давления. При этом пробное давление должно быть не менее 1,6 МПа для подающих трубопроводов и не менее 1,2 МПа для обратных.

Пробное давление выдерживают в течении 5 мин. По манометру проверяют нет ли падения давления, после чего давление снижают до рабочего. При рабочем давлении трубопровод осматривают и обслуживают сварные швы молотком с рукояткой длиной не более 0,5 м. Масса молотка не должна превышать 1,5 кг. удары наносят не по шву, а по трубе (не ближе 100 мм от шва).

Результаты испытания считают удовлетворительными, если нет падения давления по манометру и не обнаружено течи или потения стыков

#### 4. Антикоррозийная и тепловая изоляция стыков трубопроводов.

Изоляционные работы выполняют после сварки стыков и предварительного гидравлического испытания. По антикоррозийной защите осуществляют следующие

операции:

- просушка;
- очистка;
- обезжиривание;
- грунтовка;
- оклейка рулонным материалом.

Просушку производят если антикоррозийное покрытие наносят в ненастную погоду. Очистку наружной поверхности выполняют вручную металлическими щетками, обезжиривание бензином. Затем начинают грунтовку и обклеивают прадом-бумагой. После нанесения противокоррозийной изоляции трубопроводы теплоизолируют пенополиуретаном с покровным слоем из рулонного стеклопластика.

#### 5. Монтаж перекрытий каналов камер.

Перекрытия устанавливают из плит, для камер плиты выполнены с отверстиями под люки. Плиты устанавливают автокраном. Технология аналогична технологии укладки лотков.

Швы между плитками заделываются цементным раствором. Перекрытия каналов и тепловых камер покрывают битумной мастикой в два слоя.

#### 6. Благоустройство.

Засыпку траншеи начинают вручную, при этом между стенками траншеи и канала (трубы) тщательно засыпают пазухи с постоянной утрамбовкой электротрамбовкой. После засыпки пазух остальной грунт засыпают бульдозером. Уплотнение производят катками.

#### 7. Окончательное гидравлическое испытание.

При окончательном гидравлическом испытании пробное давление выдерживают в течении 15 мин. Затем, осматривают сварные и фланцевые соединения, арматуру и далее давление снижают до рабочего. Если при этом давления в течении двух часов не превышает 10%, то теплопровод считается выдержавшим испытание.

По окончании монтажных работ гидравлического испытания производят промывку труб. Сначала трубопровод промывают водопроводной водой под давлением равным избыточному давлению в водопроводной сети (0,3 - 0.4 МПа). Затем, воду сливают в теплопровод, вновь заполняют водопроводной водой, создавая при этом повышенное давление от насоса.

Подпитку теплопровода производят из водопроводной сети. Трубопроводы промывают до полного осветления воды. Наполнение промывку обычно производит персонал строительной-монтажной организации под наблюдением представителей персонала эксплуатации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения бакалаврской работы достигнута цель работы - выполнено проектирование системы централизованного теплоснабжения жилого микрорайона.

Для достижения цели при выполнении работы были решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ и представлено обоснование проектирования системы централизованного теплоснабжения.

2. Определены основные тепломеханические решения системы теплоснабжения.

3. Выполнен расчет тепловой схемы с выбором и описанием основного и вспомогательного рабочего оборудования.

4. Рассмотрены вопросы безопасности проектных решений.

Результатом выполненной работы будут материалы рабочих чертежей, которые в дальнейшем предполагается использовать для подготовки рабочей документации инженерных коммуникаций жилого микрорайона г.Красноярск

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ЦТП – центральный тепловой пункт  
СГВ – система горячего водоснабжения  
ГВС – горячее водоснабжение  
УТ – узел трубопроводов  
Отопл. – отопление  
Вентил. – вентиляция  
К1 – п-образный компенсатор  
Т1 - подающий трубопровод для отопления и вентиляции  
Т2- обратный трубопровод для отопления и вентиляции  
Т3- подающий (разводящий) трубопровод горячего водоснабжения  
Т4- циркуляционный трубопровод системы горячего водоснабжения  
МТП – местный тепловой пункт  
Кв – квартира  
Поз.- позиция  
Кол. – количество  
Масс.ед – масса единицы  
Прим - примечания  
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль  
Д<sub>у</sub> - условный диаметр  
КРП – контрольно-распределительный пункт  
ЛСД – линия статического давления  
Р<sub>у</sub> – условное давление  
КИП – контрольно-измерительные приборы  
СНиП – строительные нормы и правила  
СП – свод правил  
ГОСТ – государственный стандарт  
ППУ – пенополиуретан  
РСТ – рулонный стеклопластик  
КС – кольцо стеновое  
ПТ – плита перекрытия  
ПДУ – плита днища угла поворота  
ПТУ – плита перекрытия угла поворота  
ОП – опорная подушка  
КО – кольцо опорное  
КЛ – канализационный люк  
ж/б - железобетонного  
ХВО – химическая водоочистка  
Д1 – дренажный колодец  
ЦКР – центральное качественное регулирование

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. Введ. Взамен СТО 4.2-07-2012; дата введ. 30.12.2013. Красноярск: СФУ, 2014 - 60с.
- 2 Целищев А.В. Теплоснабжение: методические указания к дипломному проектированию для студентов специальности 290700-«ТГВ». Красноярск: ИПЦ КрасГАСА, 2001. - 26с.
- 3 Припусков Н.А., Липовка Ю.Л. Теплоснабжение: методические указания и примеры выполнения дипломного проекта. Красноярск: ИПЦ КИСИ, 1983-71с.
- 4 Липовка Ю.Л., Целищев А.В. Теплоснабжение района города: методические указания по разработке гидравлических режимов и подборку насосов к курсовому проекту для студентов специальности 290700-«ТГВ». Красноярск: ИПЦ СФУ, 2013 - 32с.
- 5 СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. В дополнение к СНиП 2.04.07 – 86\*. Введ. 14.01.1997.-М.: ГУП ЦПП, 1997. - 79с.
- 6 Каталог оборудования 1999-2000г. Красноярск: ВПО «Промоборудование», 20(12)01. - 40с.
- 7 Целищев, А.В. Строительные конструкции тепловых сетей: методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290700. Красноярск: ИПЦ КрасГАСА, 2013. - 36с.
- 8 СНиП 41.03.2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Введ. 01.01.03. -М.:ФГУП ЦПП, 2003. - 32с.
- 9 ГОСТ 21.605-82 Сети тепловые. Рабочие чертежи. – М.: Издательство стандартов, 1983. - 10с.
- 10 Липовка Ю.Л., Целищев А.В., Мисютина И.В. Горячее водоснабжение: методические указания к курсовой работе. Красноярск: БИК СФУ, 2011. - 36с
- 11 СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. Введ. Взамен СНиП 2.04.07-86\*. Введ. 01.09.03. –М.: Госстрой России, 2004. - 48с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Заказная спецификация на материалы и строительные конструкции тепловой сети

Поз.	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код обозначения, изделия, мат-ла	Завод-изготовитель	Ед. изм.	Кол-во	Масса ед., кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Тепловые сети:</u>							
	Труба стальная эл. сварная dy219*6	ГОСТ10704-91			м	-	31,52	
	dy159*4,5	ГОСТ10704-91			м	794	17,15	
	dy133*4,5	ГОСТ10704-91			м	846	14,26	
	dy108*4	ГОСТ10704-91			м	666	10,26	
	dy89*3,5	ГОСТ10704-91			м	652	7,38	
	dy76*3	ГОСТ10704-91			м	2134	5,4	
	dy57*3	ГОСТ10704-91			м	2100	4	
	dy45*2,5	ГОСТ10704-91			м	555	2,6	
	dy38*2,5	ГОСТ10704-91			м	245	2,19	
	dy32*2,5	ГОСТ 10704-91			м	-	1,82	
	Компенсатор из эл. св. труб dy219*6 H=4м	ГОСТ 10704-91			шт	-		
	Компенсатор из эл. св. труб dy159*4,5 H=4м	ГОСТ 10704-91			шт	6		
	dy133*4,5 H=4м	ГОСТ 10704-91			шт	8		
	dy108*4,5 H=4м	ГОСТ 10704-91			шт	2		
	dy76*3 H=3,5м	ГОСТ 10704-91			шт	11		

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	dy89*3,5 H=3,5м	ГОСТ 10704-91			шт	4		
	dy57*3	ГОСТ 10704-91			шт	5		
	dy45*2,5	ГОСТ 10704-91			шт	-		
	Кран шаровой стальной Ру 16 dy150	DZT			шт	4	39,9	
	dy125	DZT			шт	-	26,8	
	dy100	DZT			шт	-	19,4	
	dy80	DZT			шт	10	15	
	dy65	DZT			шт	-	13,4	
	dy50	DZT			шт	19	8,95	
	dy40	DZT			шт	6	6,7	
	dy32	DZT			шт	2	5,2	
	dy25	DZT			шт	-	3,4	
	Клапан запорный стальной для спуска воды dy50	15с22нж			шт	3	18,6	
	dy80	15с27нж			шт	-	36	
	dy25	15с27нж			шт	35	13	
	dy40	15с22нж			шт	10	15	
	Клапан для выпуска воздуха dy15	15с27нж			шт	5	15	
	Клапан запорный стальной для выпуска воздуха dy20	15с27нж			шт	3	20	
	Балка неподвижной опоры	ГОСТ 8240-72			шт			
	швеллер №20,L=1500	ГОСТ 8240-72			шт	-	27,6	
	швеллер №18,L=1200	ГОСТ 8240-72			шт	14	19,6	
	швеллер №10, L=800	ГОСТ 8240-72			шт	16	6,9	
	швеллер №8, L=800	ГОСТ 8240-72			шт	14	5,4	
	Неподвижная опора 200.Т3.11	с.4.903-10 вып,4			шт		1,45	
	150.Т3.09	с.4.903-10 вып,4			шт	9	1,3	
	125.Т3.08	с.4.903-10 вып,4			шт	9	1,24	



Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	100.ТЗ.07	с.4.903-10 вып,4			шт	8	1,2	
	80.ТЗ.06	с.4.903-10 вып,4			шт	7	0,49	
	70.ТЗ.05	с.4.903-10 вып,4			шт	23	0,47	
	50.ТЗ.04	с.4.903-10 вып,4			шт	23	0,37	
	40.ТЗ.03	с.4.903-10 вып,4			шт	6	0,35	
	32.ТЗ.02	с.4.903-10 вып,4			шт	3	0,34	
	25.ТЗ.02	с.4.903-10 вып,4			шт	-	0,33	
	Скользящая опора 200.Т13.16	с.4.903-10 вып.5			шт	-	5.5	
	150.Т13.10	с.4.903-10 вып.5			шт	161	2,25	
	125.Т13.10	с.4.903-10 вып.5			шт	195	2,25	
	100.Т13.07	с.4.903-10 вып.5			шт	175	1,1	
	80.Т13.07	с.4.903-10 вып.5			шт	184	1,1	
	70.Т13.04	с.4.903-10 вып.5			шт	781	0,9	
	50.Т13.04	с.4.903-10 вып.5			шт	856	0,9	
	40.Т13.01	с.4.903-10 вып.5			шт	296	0,7	
	32.Т13.01	с.4.903-10 вып.5			шт	244	0,7	
	25.Т13.01	с.4.903-10 вып.5			шт	-	0,7	
	Антикорроз. покрытие - БТ№177 за 2 раза по грунтовке ГФ 21	ГОСТ 3631-76*			м.кв.	4310		
	Тепловая изоляция: скорлупы из пенополиуретана, L-1000мм,	ТУ568-003- 1725389-2000			м.куб.	123,4		
	Покровной слой- рулонный стеклопластик РСТ	ТУ 6-11-145-80			м.кв.	4158		
	Бобышка	Зкч-1-87 уст.7			шт	20		
	Оправа защитная под термометр	ГОСТ 3027-75			шт	20		
	Технический стекл. термометр 0- 130гр.	ГОСТ 2823-73*			шт	20		
	Закладная	Зкч 46-76			шт	20		
	Отборное устройство 16-225п	ТУ 36-1258-76			шт	20		

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Манометр 170-16	МП4-У			шт	20		
	Строительные конструкции:							
	Лоток основной ЛК 300.120.90	с.3.006.1-8			шт	-	1980	
	ЛК 300.120.60	с.3.006.1-8			шт	149	1550	
	ЛК 300.90.60	с.3.006.1-8			шт	312	1130	
	ЛК 300.90.45	с.3.006.1-8			шт	766	900	
	ЛК 300.60.45	с.3.006.1-8			шт	76	680	
	Лоток доборный ЛК 75.120.90	с.3.006.1-8			шт	-	500	
	ЛК 75.120.60	с.3.006.1-8			шт	10	400	
	ЛК 75.90.60	с.3.006.1-8			шт	20	280	
	ЛК 75.90.45	с.3.006.1-8			шт	38	230	
	ЛК 75.60.45	с.3.006.1-8			шт	4	180	
	Плита перекрытия ПТ 300.120.12	с.3.006.1-8			шт	149	1050	
	ПТ 300.90.10	с.3.006.1-8			шт	1078	660	
	Плита перекрытия доборн. ПТ 75.120.12	с.3.006.1-8			шт	10	260	
	ПТ 75.90.10	с.3.006.1-8			шт	58	120	
	ПТ 75.60.8	с.3.006.1-8			шт	308	85	
	Опорная подушка в каналах ОП 3	с.3.006.1-8			шт	-	40	
	ОП 2	с.3.006.1-8			шт	617	13	
	ОП 1	с.3.006.1-8			шт	1879	10	
	<u>Углы поворота 90 гр.</u>							
	Плита днища угла ПДУ 140.150.12	с.3.006.1-8			шт	4	500	
	ПДУ 110.120.12	с.3.006.1-8			шт	36	390	
	ПДУ 80.90.8	с.3.006.1-8			шт	-	180	
	Плита перекрытия угла ПТУ 210.120.12	с.3.006.1-8			шт	4	130	
	ПТУ 180.90.10	с.3.006.1-8			шт	36	100	
	ПТУ 100.60.8	с.3.006.1-8			шт	-	70	

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Опорная подушка ОП 3	с.3.006.1-8			шт	-	40	
	ОП 2	с.3.006.1-8			шт	40	13	
	ОП 1	с.3.006.1-8			шт	52	10	
	Кирпичн. кладка М100 на р-ре М50				м.куб.	7,13		
	<u>Неподвижные опоры:</u>							
	Бетон В15. Монолитная вставка				м.куб.	12,47		
	Бетон В7,5. Подготовка h=100мм				м.куб.	3,62		
	Плита перекрытий доборная ПТ 75.120.12	с.3.006.1-8			шт	6	260	
	ПТ 75.90.10	с.3.006.1-8			шт	35	120	
	ПТ 75.60.8	с.3.006.1-8			шт	3	85	
	<u>Тепловые камеры: (0 тип 10; 5 тип 11; 0 тип 12)</u>							
	Блок ФБС 12.4.6-г. Стены камер	ГОСТ 13579-78			м.куб.	89,3		
	Бетон В15. Местную заделки				м.куб.	4,5		
	Битум за 2 раза. Гидроизоляция камер				м.кв.	371,5		
	Бетон В15. Днище камер. h=200мм				м.куб.	18		
	Бетон В7.5. Подготовка. h=100мм				м.куб.	7,3		
	Бетон В15. Отмостка люков				м.куб.	6		
	Кольцо стеновое КС.7.3	с.3.900.1-14			шт	20	130	
	Кольцо опорное КО.6	с.3.900.1-14			шт	20	50	
	Люк типа Л	ГОСТ 3634-89			шт	20	152	
	Плита перекрыт. Камер ПТ 150.150.14	с.3.006.1-8			шт	-	520	
	Плита перекрытия камеры ПТО 150.240.14	с.3.006.1-8			шт	-	1100	
	ПТО 150.180.14	с.3.006.1-8			шт	20	800	
	Плита перекр. доборная ПТ 75.240.14	с.3.006.1-8			шт	20	880	
	ПТ 75.180.14	с.3.006.1-8			шт	45	450	
	Плита перекрытия ПТ 300.240.14	с.3.006.1-8			шт	-		

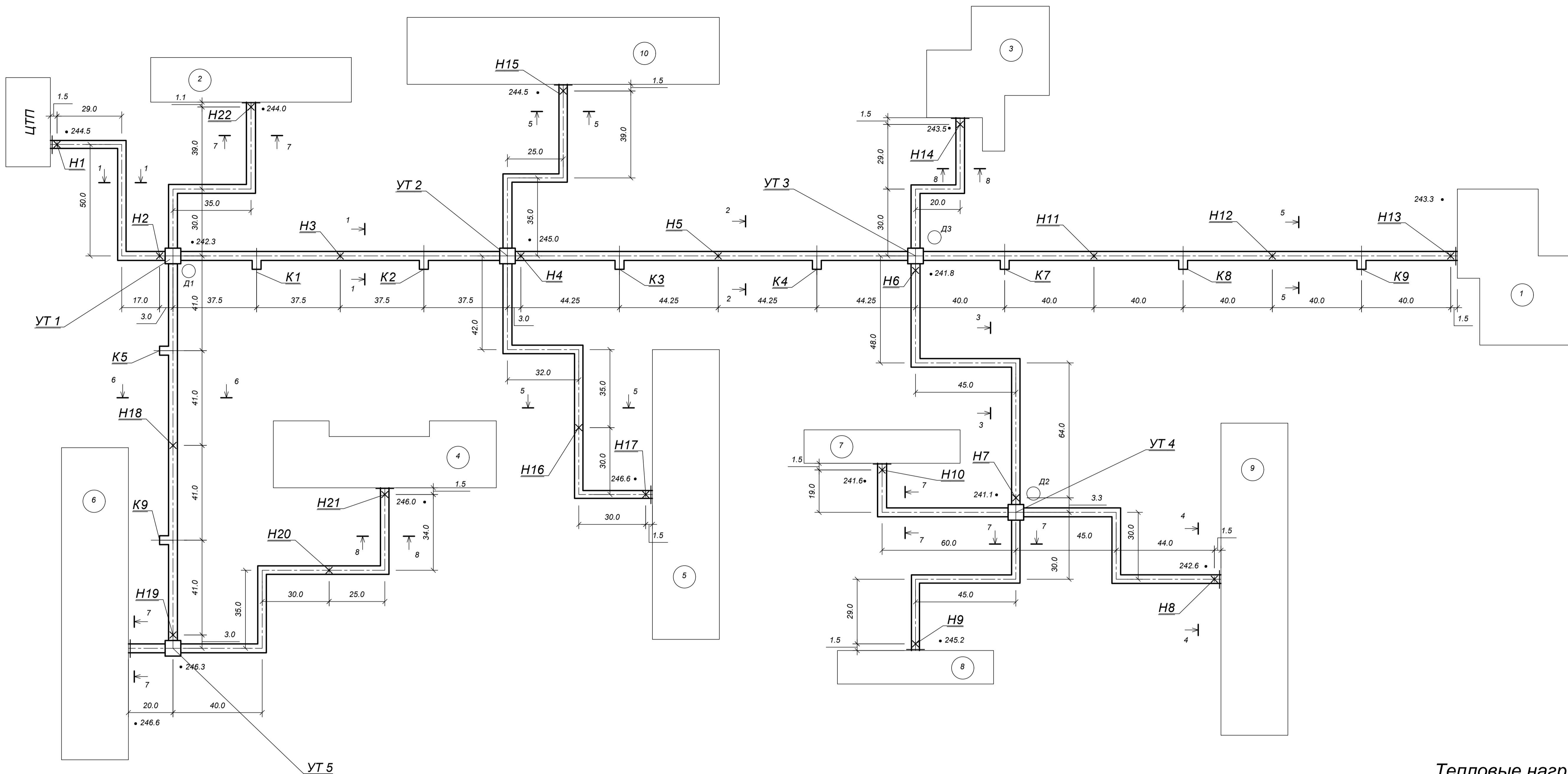
Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ПТ 300.150.12	с.3.006.1-8			шт	-		
	ПТ 75.150.12	с.3.006.1-8			шт	-		
	Балка Б7	с.3.006.1-8			шт	-	1020	
	Балка Б12	с.3.006.1-8			шт	10	2140	
	<u>Дренажный колодец Д1-Д2-Д3</u>							
	Кольцо стеновое КС 20.9	с.3.900.1-14			шт	6	1480	
	КС 7.3	с.3.900.1-14			шт	9	380	
	Кольцо опорное КО 6	с.3.900.1-14			шт	3	50	
	Люк типа Л	ГОСТ 3634-89			шт	3	152	
	Отмостка люка				м.куб.	0,45		
	Плита днища ПН 20	с.3.900.1-14			шт	3	1480	
	Плита перекрытия ПП 20-1	с.3.900.1-14			шт	3	1480	
	Антикорроз. покрытие битум за 2 раза каналов				м.кв.	13658,5		
	Компенсаторные ниши: (К1-К9):							
	Плита днища ПДУ 140.150.12	с.3.900.1-14			шт	16	500	
	ПДУ 110.120.12	с.3.900.1-14			шт	56	390	
	ПДУ 80.90.8	с.3.900.1-14			шт	-	180	
	Плита перекрытия угла ПТУ 210.120.12	с.3.900.1-14			шт	16	130	
	ПТУ 180.90.10	с.3.900.1-14			шт	56	100	
	ПТУ 100.60.8	с.3.900.1-14			шт	-	70	
	Лоток основной ЛК 300.120.90	с.3.900.1-14			шт	3	1980	
	Лоток основной ЛК 300.60.45	с.3.900.1-14			шт	-	680	
	ЛК 300.120.60	с.3.900.1-14			шт	6	1550	
	ЛК 300.90.60	с.3.900.1-14			шт	6	1130	
	ЛК 300.90.45	с.3.900.1-14			шт	9	900	
	Лоток доборный ЛК 75.120.90	с.3.006.1-8			шт	-	500	
	Лоток доборный ЛК 75.120.60	с.3.006.1-8			шт	16	400	

Окончание приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ЛК 75.90.60	с.3.006.1-8			шт	18	280	
	Лоток доборный ЛК 75.90.45	с.3.900.1-14			шт	38	230	
	ЛК 75.60.45	с.3.900.1-14			шт	-	180	
	Плита перекрытия основная ПТ 300.120.12	с.3.900.1-14			шт	6	1050	
	ПТ 300.90.10	с.3.900.1-14			шт	16	660	
	Плита перекрытия доборная ПТ 75.120.12	с.3.900.1-14			шт	16	260	
	ПТ 75.90.10	с.3.900.1-14			шт	56	120	
	ПТ 75.60.8	с.3.900.1-14			шт	-	85	
	Опорная подушка в нишах ОПЗ	с.3.900.1-14			шт	-	40	
	ОП2	с.3.900.1-14			шт	84	13	
	ОП1	с.3.900.1-14			шт	80	10	
	Кирпичн. кладка М100 на р-ре М50				м.куб.	14,13		
	Водонепрониц. вход в здания канала КЛ 70-51	с.3.900.1-14			шт	1		
	КЛ 72-37	с.3.900.1-14			шт	17		
	КЛ 42-38	с.3.900.1-14			шт	2		

План сетей  
М 1 : 1000



Общие данные

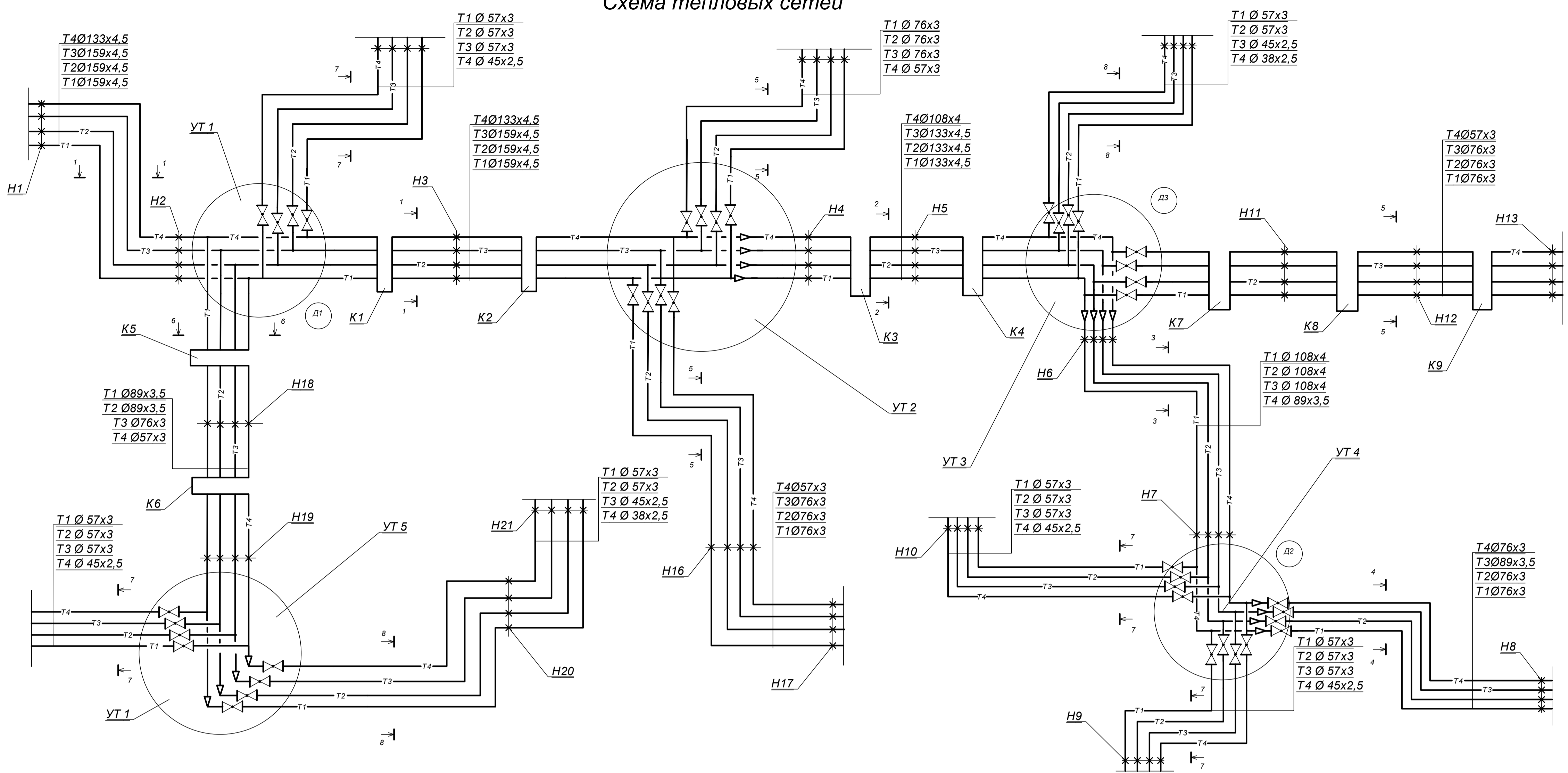
1. Проект выполнен в соответствии с заданием на проектирование.
2. Источник тепла - отопительно-производственная котельная. Теплоноситель - перегретая вода с параметрами 150-70°C до ЦТП и 130-70°C после. Температура в СГВ 60°C. Давление в магистральной тепловой сети 1,6 МПа, в квартальной сети микрорайона 1,0 МПа, в сети ГВС 0,55 МПа. Тип прокладки сетей - подземная в непроходимых каналах, до ЦТП - двухтрубная, после ЦТП - четырехтрубная.
3. Система теплоснабжения открытая, сети отопления подключены по независимой схеме. Для понижения напора в обратном трубопроводе с целью повышения располагаемого напора в сети предусмотрена установка подкачивающих насосов на обратном трубопроводе ЦТП. Для дополнения ЦКР отпуска тепла в ЦТП проводится групповое регулирование в переходный период отопительного сезона - изменение температуры в подающем трубопроводе путем подмешивания обратной сетевой воды в прямую корректирующими насосами, установленными на перемычке между подачей и обраткой. В ЦТП предусмотрено автоматическое регулирование температурой горячей воды СГВ.
4. После монтажа трубопровод гидравлически испытать на давление 1,25 рабочего, подающий трубопровод не менее 1,6 МПа.
5. Компенсация температурных удлинений выполняется за счет углов поворота сети и П-образных компенсаторов.
6. Камеры для узлов трубопроводов - из блоков ФБС с перекрытием из бетонных плит.
7. В УТ2; УТ5 установить воздушники; в УТ1; УТ3; УТ4 - спускники для слива воды в дренажные колодцы из которых вода удаляется при помощи передвижных насосов в канализацию.
8. В тепловых камерах установить КИП.
9. Трубопроводы сетей отопления и ГВС выполнены из электросварных труб ГОСТ 10704-91. П-образные компенсаторы перед приваркой к теплопроводам предварительно растянуть на 1/2 температурного удлинения.
10. Тепловая изоляция труб - пенополиуретан с покрывным слоем из рулонного стеклопластика РСТ (герметичность). Нанесение антикоррозионного покрытия на стальные трубы - краска БТ 177 по грунтовке ГФ 21.
11. В местах примыкания каналов к камерам устроить деформационные швы. На вводах в здание установить водонепроницаемые перегородки.

Тепловые нагрузки

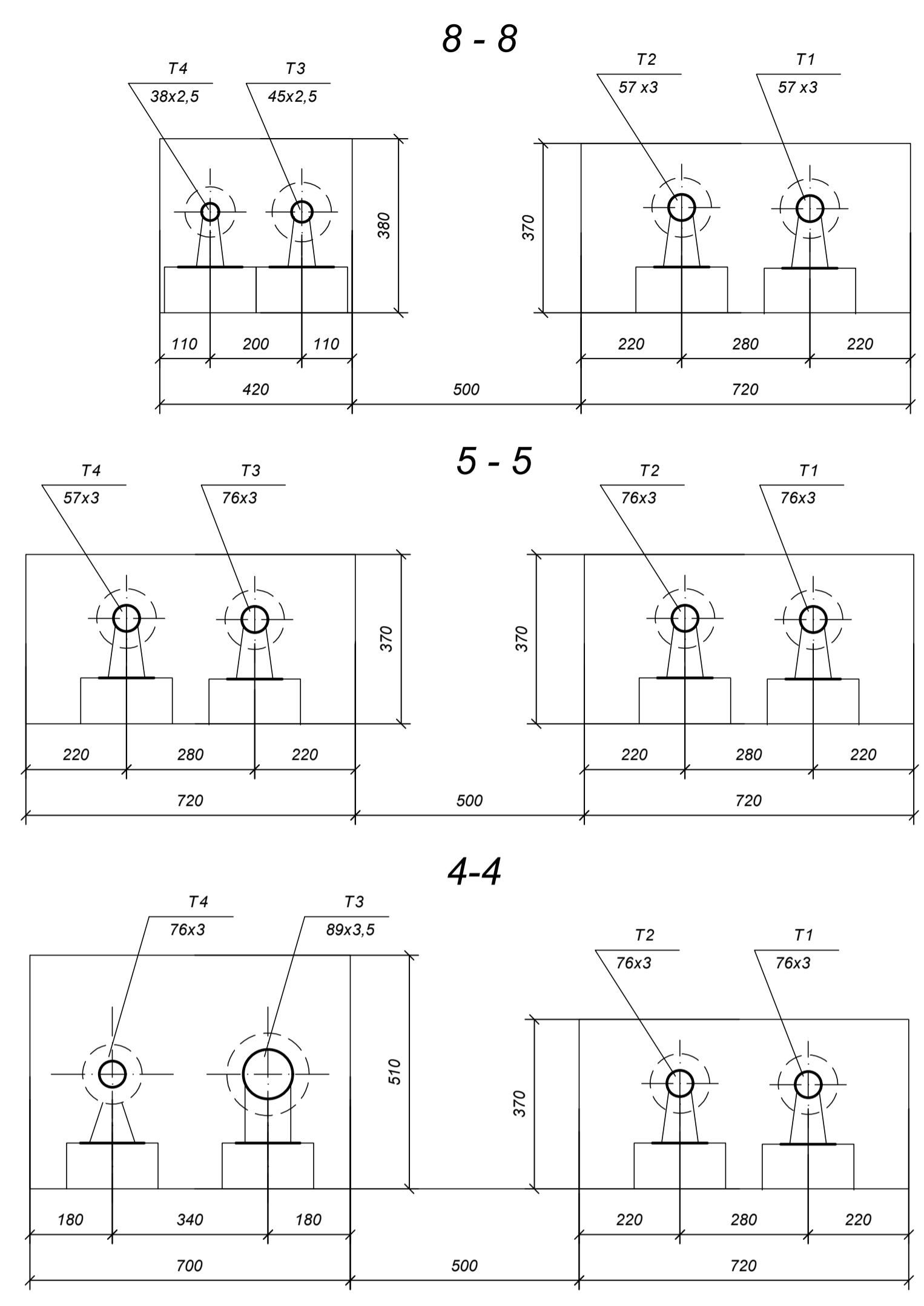
Поз.	Наименование потребителя	Расчетный тепловой поток, МВт			
		отопление Q <sub>от</sub>	вентиляция Q <sub>в</sub>	ГВС Q <sub>гв</sub>	О+В Q <sub>э</sub>
1	9 эт. общежитие	0,68	0,15	0,52	0,83
2	6 эт. 120 кв. жилой дом с поликлин.	0,85	0,1	0,8	0,95
3	4 эт. колледж на 800 учащихся	0,75	0,15	0,3	0,9
4	3 эт. школа на 560 учащихся	0,55	0,05	0,15	0,6
5	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
6	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
7	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
8	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
9	10 эт. 200 кв. жилой дом с магазином.	1,15	0,1	1,25	1,25
10	9 эт. 240 кв. жилой дом	1,4	-	1,35	1,4
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
		8,42	0,55	5,91	8,97

БР-08.03.01.05-2019 ТС					
СФУ ИСИ					
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Марьин				
Руков.	Целищев				
Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП				Стадия	Лист
				У	1
Листов				5	
План тепловых сетей; Общие указания; Тепловые нагрузки				ИСЗиС	
Н. контр.	Целищев				
Зав. каф.	Матюшенко				

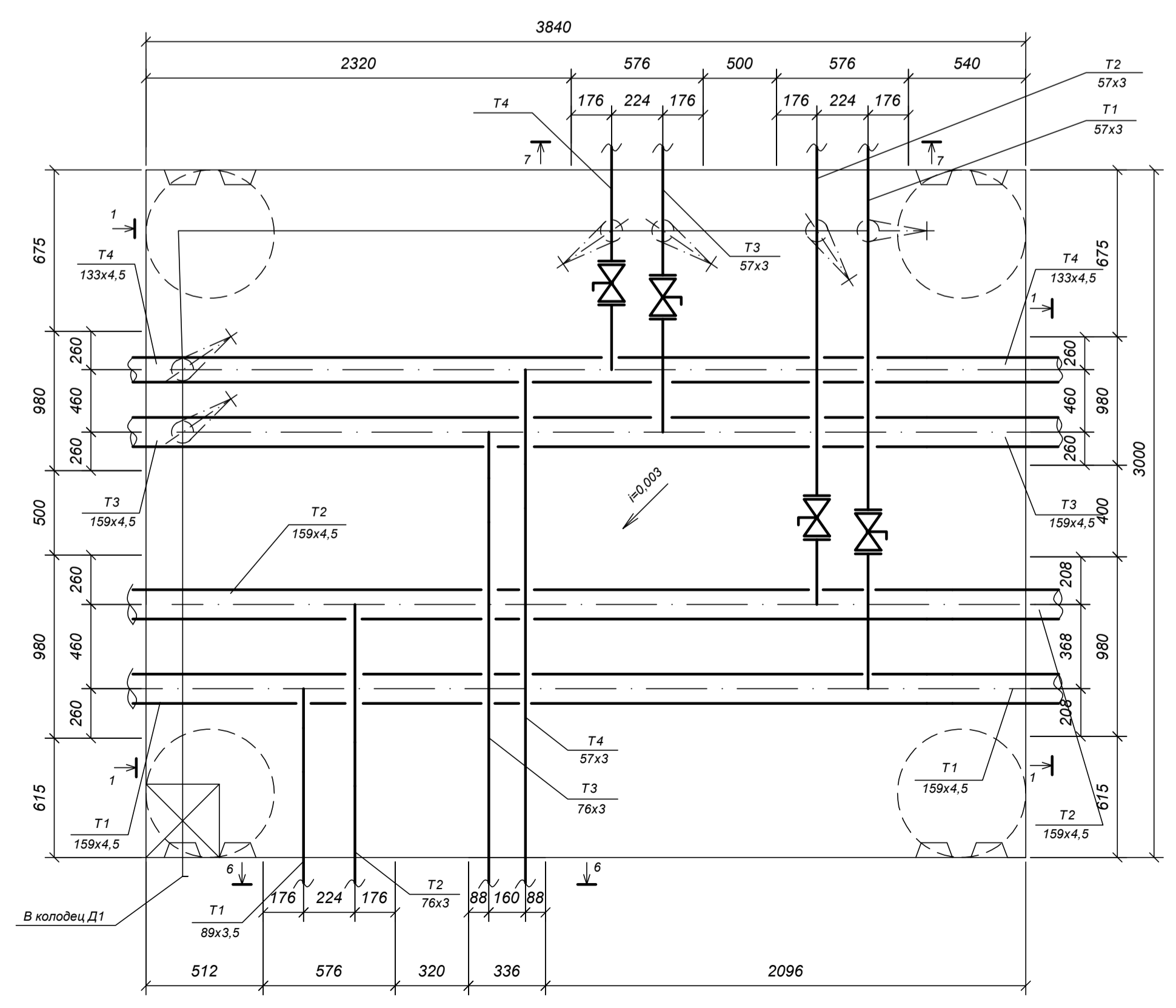
Схема тепловых сетей



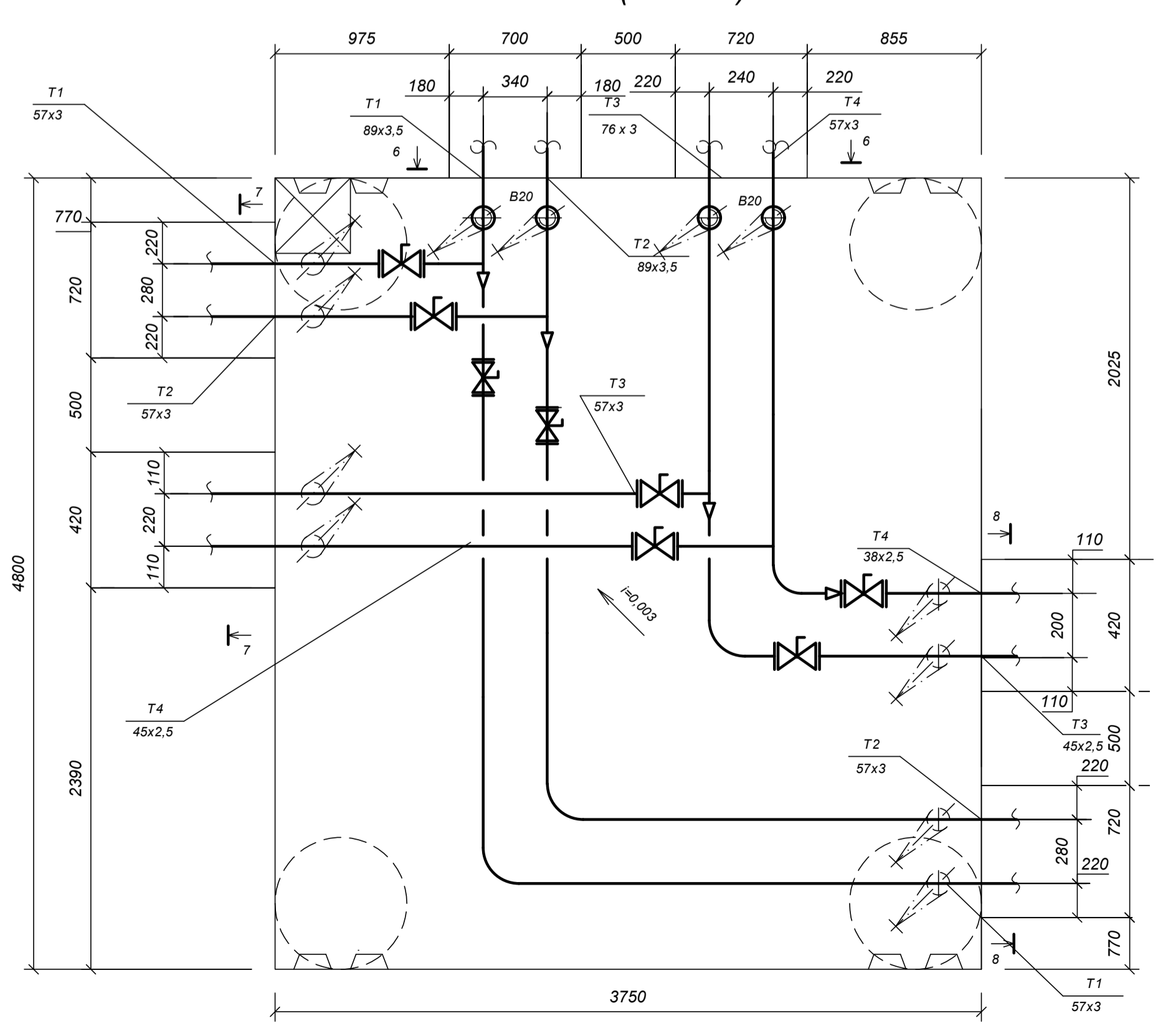
Сечения



УТ 1 (mun 11)



УТ 5 (mun 11)

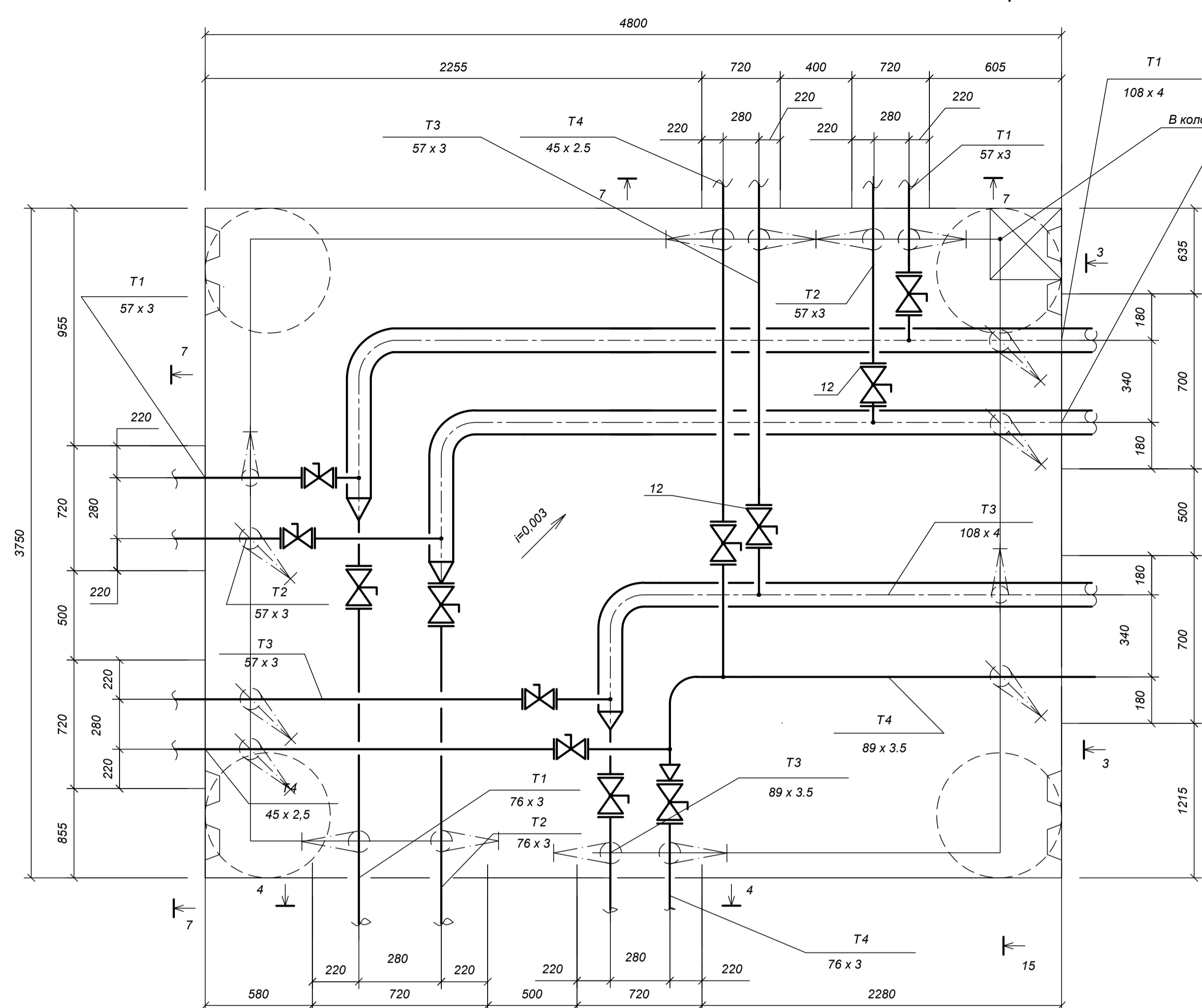


БР-08.03.01.05-2019 ТС				
СФУ ИСИ				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись
Разраб.	Марьин			
Руков.	Целищев			
Н. контр.	Целищев			
Зав. каф.	Матюшенко			
Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП			Стадия	Лист
Схема тепловых сетей; Сечения; Схемы УТ 1, УТ 5			У	2
			Листов	5
			ИСЗиС	

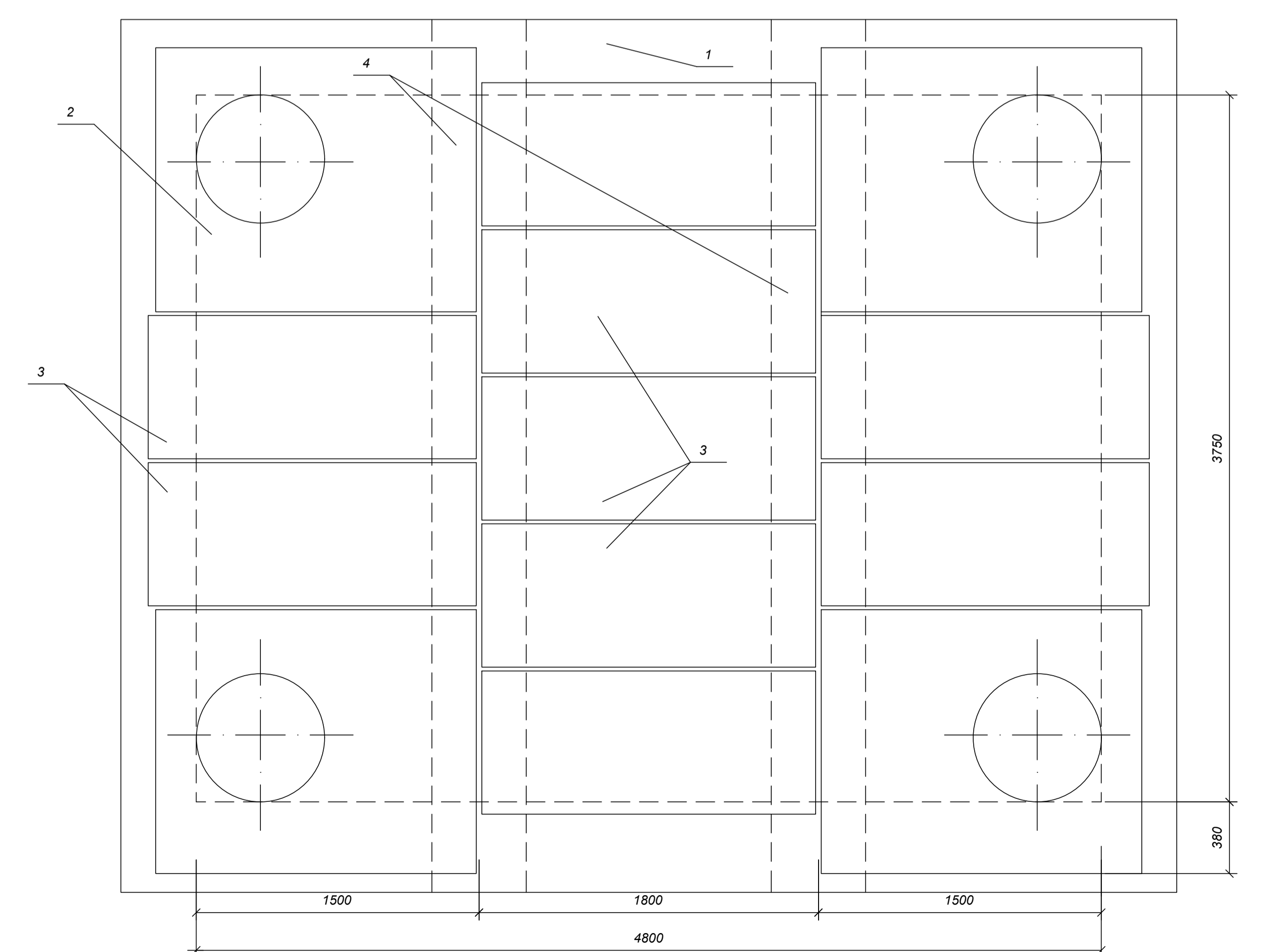
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

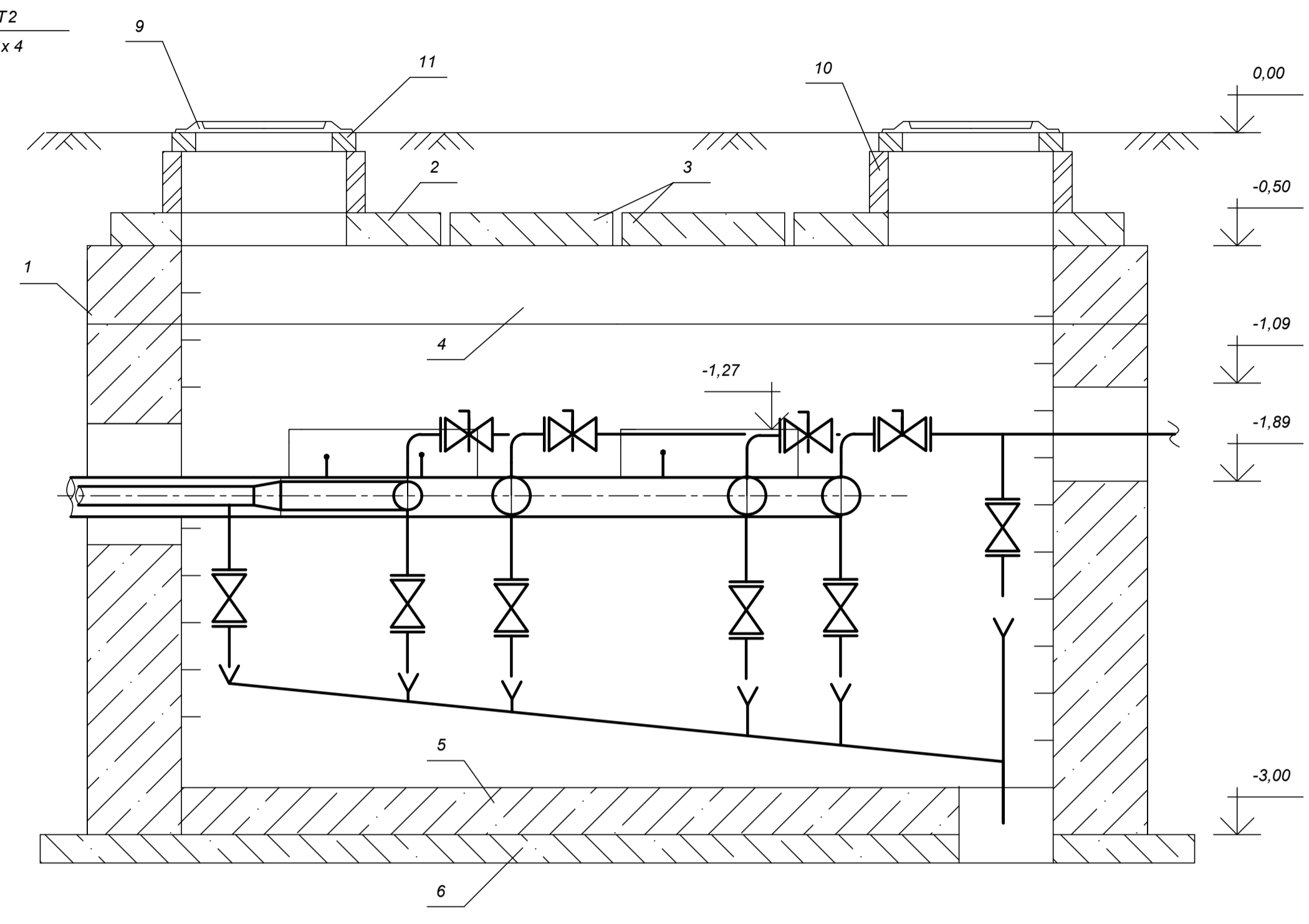
УТ 4 (тип 11)



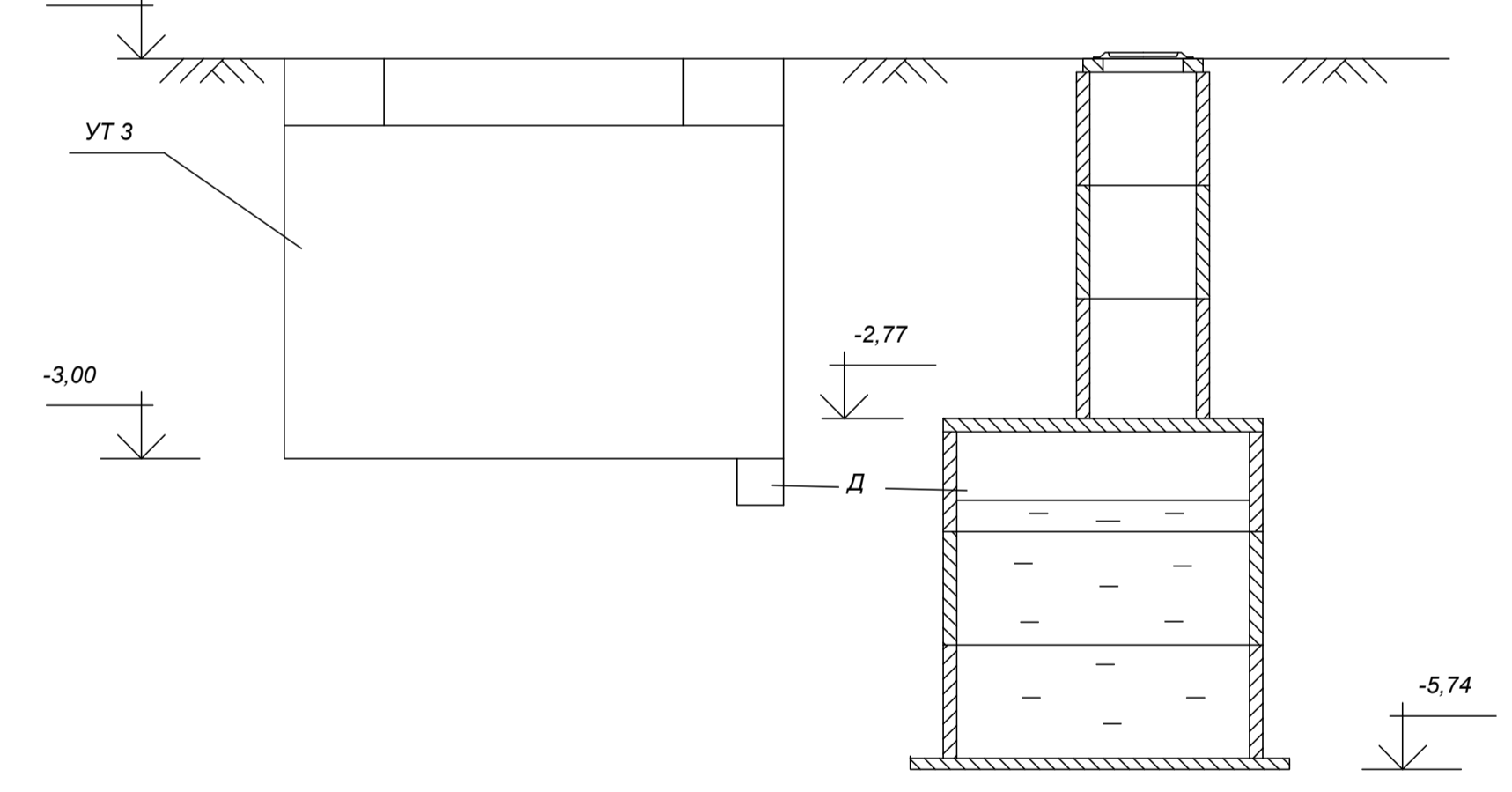
План перекрытия камеры УТ 4 (тип 11)



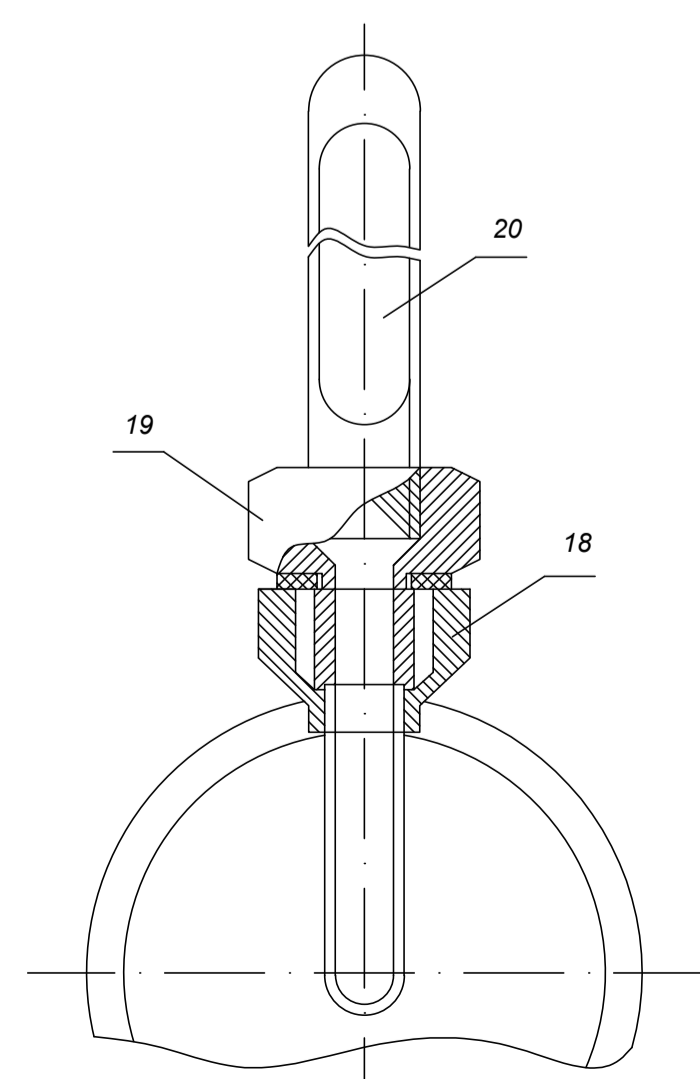
15-15



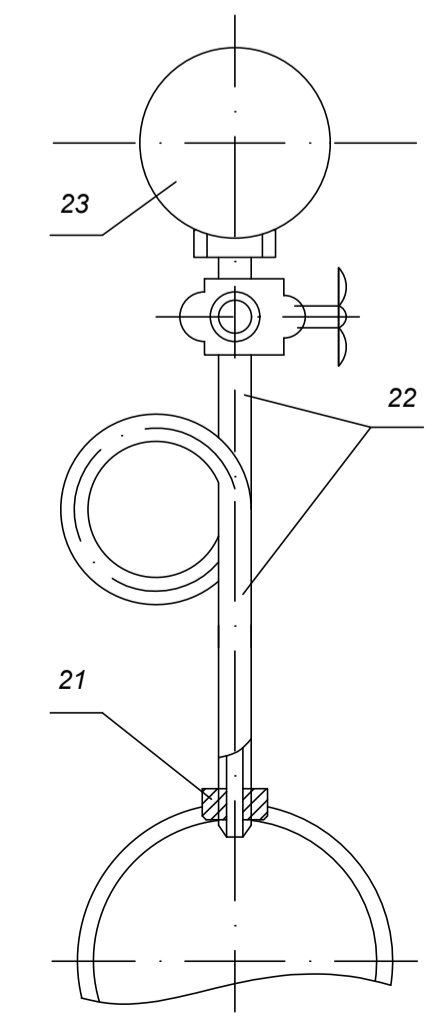
Дренажный колодец Д2 (М 1 : 50)



Установка термометра



Установка манометра



Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	108-4 ГОСТ 10704-91	1. Труба стальная эл. сварная d, 100, м	9	10,26	
	76-3 ГОСТ 10704-91	2. ———— d, 70, м	3,5	5,4	
	57-3 ГОСТ 10704-91	3. ———— d, 50, м	6	4	
	108-4 ГОСТ 3262-75*	4. Труба стальная оцинкованная d, 100, м	3	10,26	ГВС
	89-3,5 ГОСТ 3262-75*	5. ———— d, 80, м	4,5	7,4	
	76-3 ГОСТ 3262-75*	6. ———— d, 70, м	1,5	5,4	
	57-3 ГОСТ 3262-75*	7. ———— d, 50, м	4	4,0	
	45-2,5 ГОСТ 3262-75*	8. ———— d, 40, м	5	2,6	
	38-4,5 ГОСТ 3262-75*	9. ———— d, 32, м	-	2,19	
	DZT	10. Кран шаровой стальной P, 16, d, 80, шт	1	15	
	DZT	11. ———— d, 40, шт	2	6,7	
	DZT	12. ———— d, 50, шт	6	9	
	ГОСТ 17378-73	13. Переход стальной сварной 100x80, шт	1	1	
	ГОСТ 17378-73	14. ———— 100x70, шт	1	0,6	
	ГОСТ 17378-73	15. ———— 80x70, шт	1	0,7	
	ГОСТ 17375-77	16. Отвод крутоизогнутый d, 50, 90° 56x3 шт	6	0,6	
		90° 108x4	3	2,8	
	ЗКЧ-1-87 УСТ. 7	18. Бобышка, шт	4		г°, КИП
	ГОСТ 3029-79	19. Оправа защитная под термометр, шт	4		г°, КИП
	ГОСТ 2823-73*	20. Технический стеклянный термометр, шт	4		г°, КИП
	ЗКЧ-46-76	21. Закладная, шт	4		Р, КИП
	16-225-П	22. Отборное уст-ройство, шт	4		Р, КИП
	ТУ 36.1258-76	23. Манометр 170-16, шт	4		Р, КИП
	МПЧ-У		4		Р, КИП
Установка дренажа в УТ 4:					
	15С22НЖ	1. Клапан стальной для спуска воды запорный, P, 16, d, 25, шт	11	13	
	15С27НЖ	2. Клапан для выпуска воздуха, d, 20, шт	-	10	
	15С22НЖ	3. ———— d, 40, шт	5	15	
	15С22НЖ	4. ———— d, 25, шт	-	13	
	89x3,5 ГОСТ 10704-91	5. Дренажная труба, d, 80, м	-	7,4	
	45x2,5 ГОСТ 10704-91	6. ———— d, 40, м	5	2,6	
УТ 4 строительные конструкции:					
	12.4.6-Т ГОСТ 13579-78	1. Блок ФБС. Стены камеры, шт	62	18,7	640
	с.3.006.1-8 В.02	2. Плита перекрытия, шт	4		800
	ПТО 150.180.14	3. Плита перекрытия добротная, шт	9		450
	Б12	4. Балка, шт	2		2140
	Бетон В15	5. Днище камеры h= 200 мм, м3		3,6	
	Бетон В7,5	6. Подготовка, м3		2,5	
	Бетон В15	7. Отмостка люков, м3		0,4	
	Ст. Ø16 А1	8. Скобы ходовые, шт	56		2,1
	ГОСТ 3634-89	9. Люк типа Л, шт	4		152
	с.3.900.1-14.КС 7,3	10. Кольцо стеновое, шт	4		130
	КО 6	11. Кольцо опорное, шт	4		50
	Битум за 2 раза	12. Гидроизоляция, м2	76		
Дренажный колодец Д2:					
	с.3.900.1-14				
	ПН 20	1. Плита днища, шт	-		1480
	1 ПП 20-1	2. Плита перекрытия, шт	-		1138

БР-08.03.01.05-2019 ТС

СФУ ИСИ

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Студия	Лист	Листов
Разраб.		Марын				У	3	5
Руков.		Целищев						
Н. контр.		Целищев						
Зав. каф.		Матюшенко						

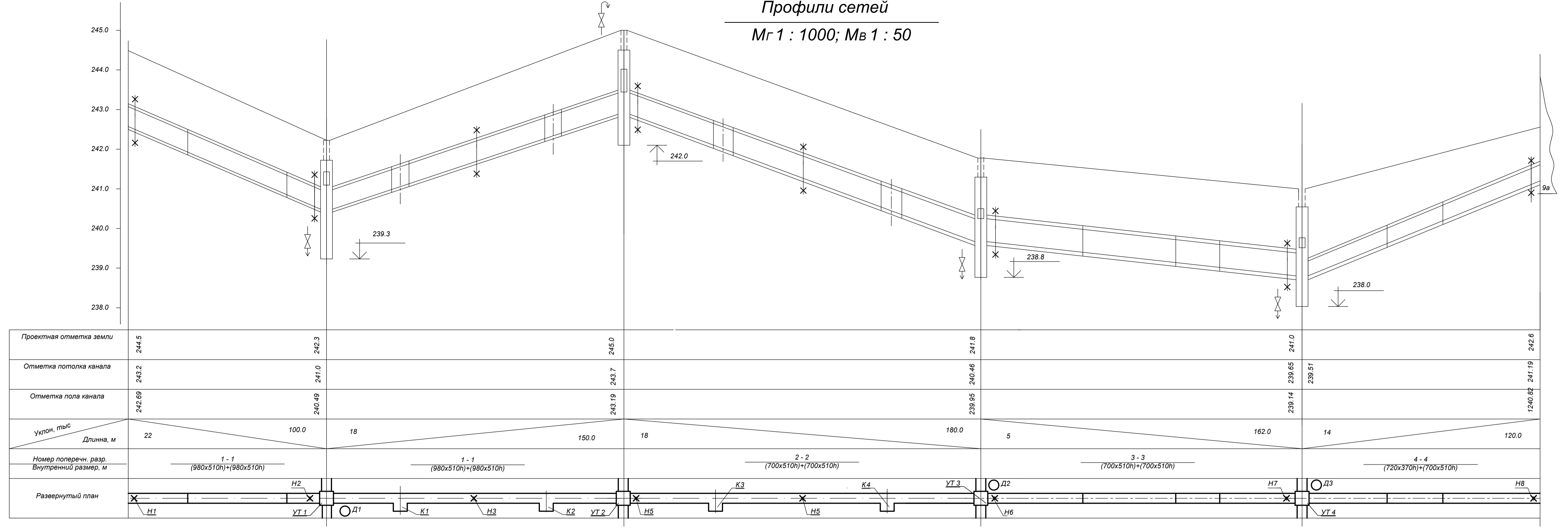
Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП

Узел трубопроводов УТ 4; Колодец Д2; Спецификация; КИП

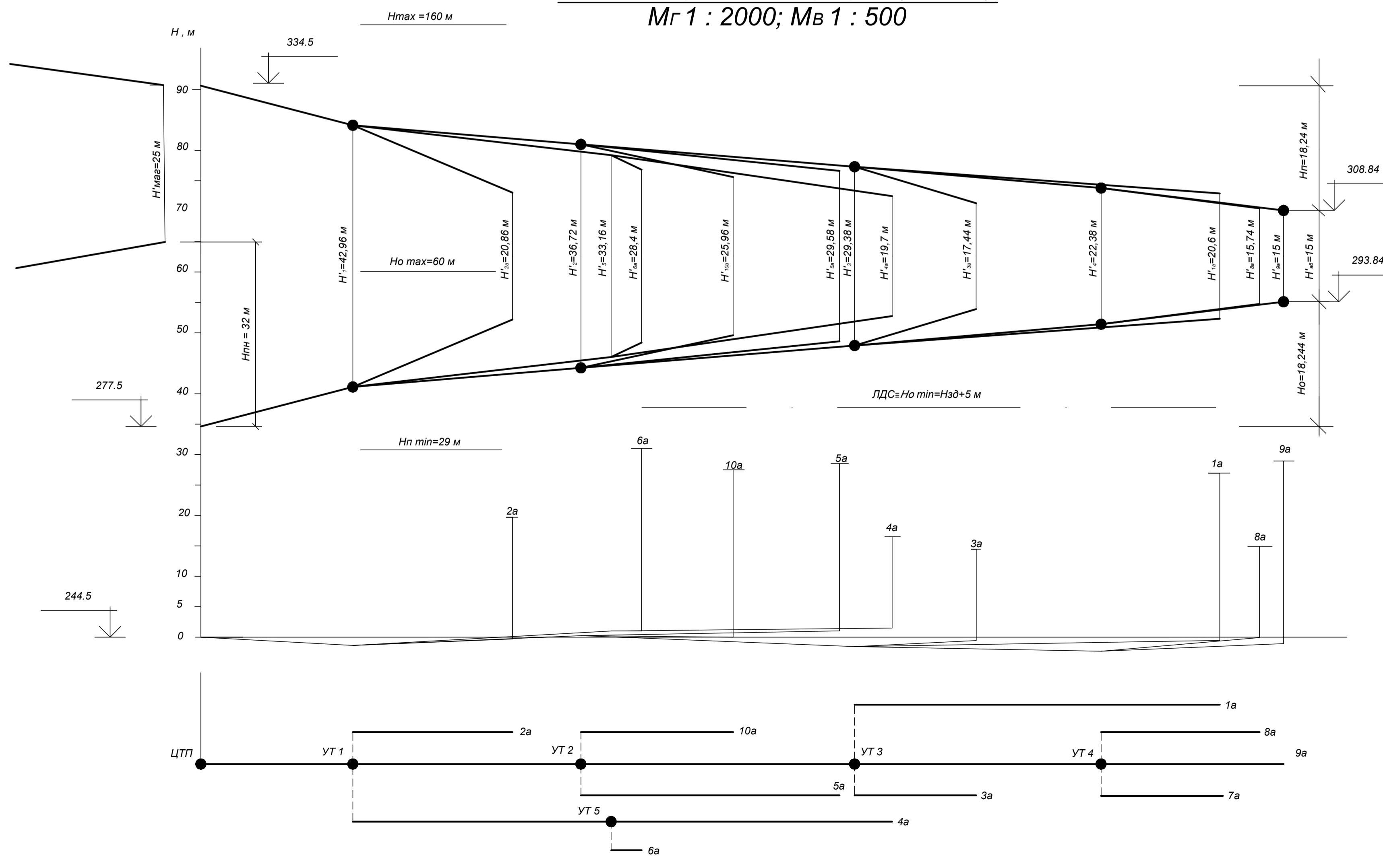
ИСЗиС



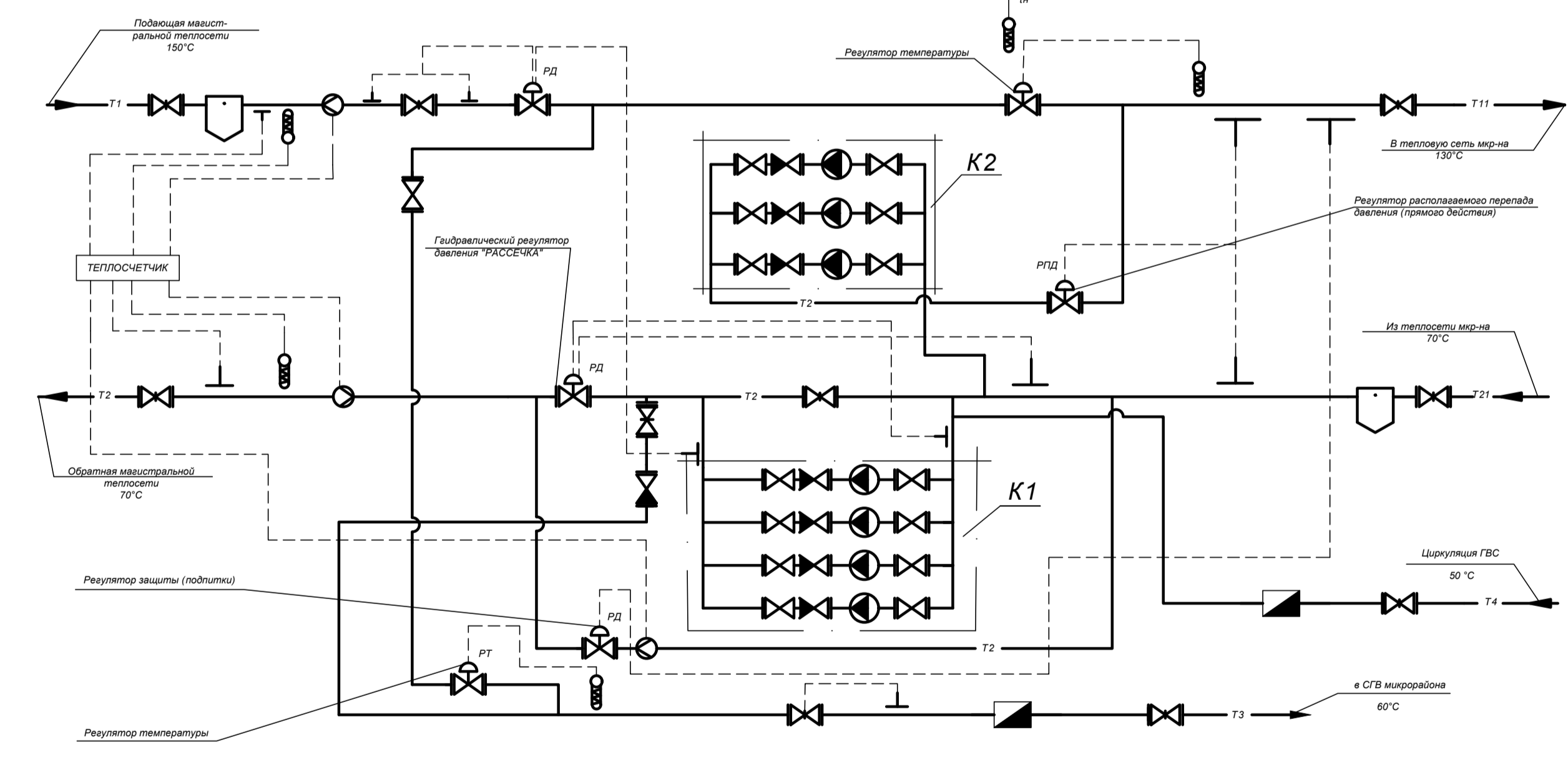
### Профили сетей Мг 1 : 1000; Мв 1 : 50



### Пьезометрический график (Т1; Т2) Мг 1 : 2000; Мв 1 : 500



### Схема ЦТП



### Экспликация оборудования

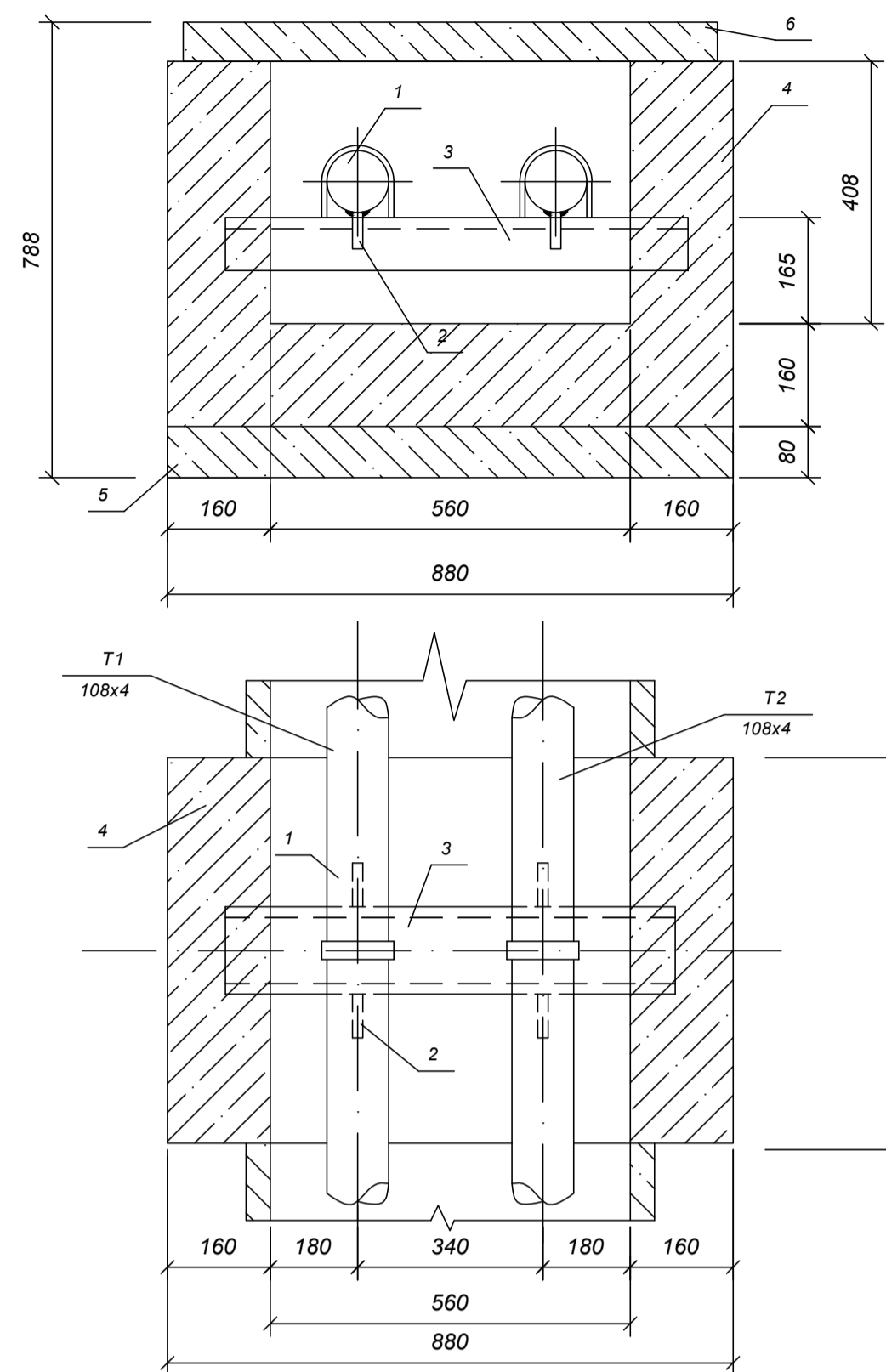
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
K1	Насос подкачивающий	4	G=100м³/ч H=32м; N=15кВт с электродвигателем 5А 160 S4 n=2950 об/мин
	K100-80-160 (90/20)		
K2	Насос корректирующий	3	G=100м³/ч H=50м; N=30кВт с электродвигателем АИР 180 М2 n=2925 об/мин
	K100-65-200 (90/55)		

БР-08.03.01.05-2019 ТС				
СФУ ИСИ				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Дата
Разраб.	Марьин			
Руков.	Целищев			
Н. контр.	Целищев			
Зав. каф.	Матюшенко			
Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП			Стадия	Лист
Продольные профили сетей; Пьезометрический график; Схема ЦТП			У	4 / 5
			ИСЗиС	

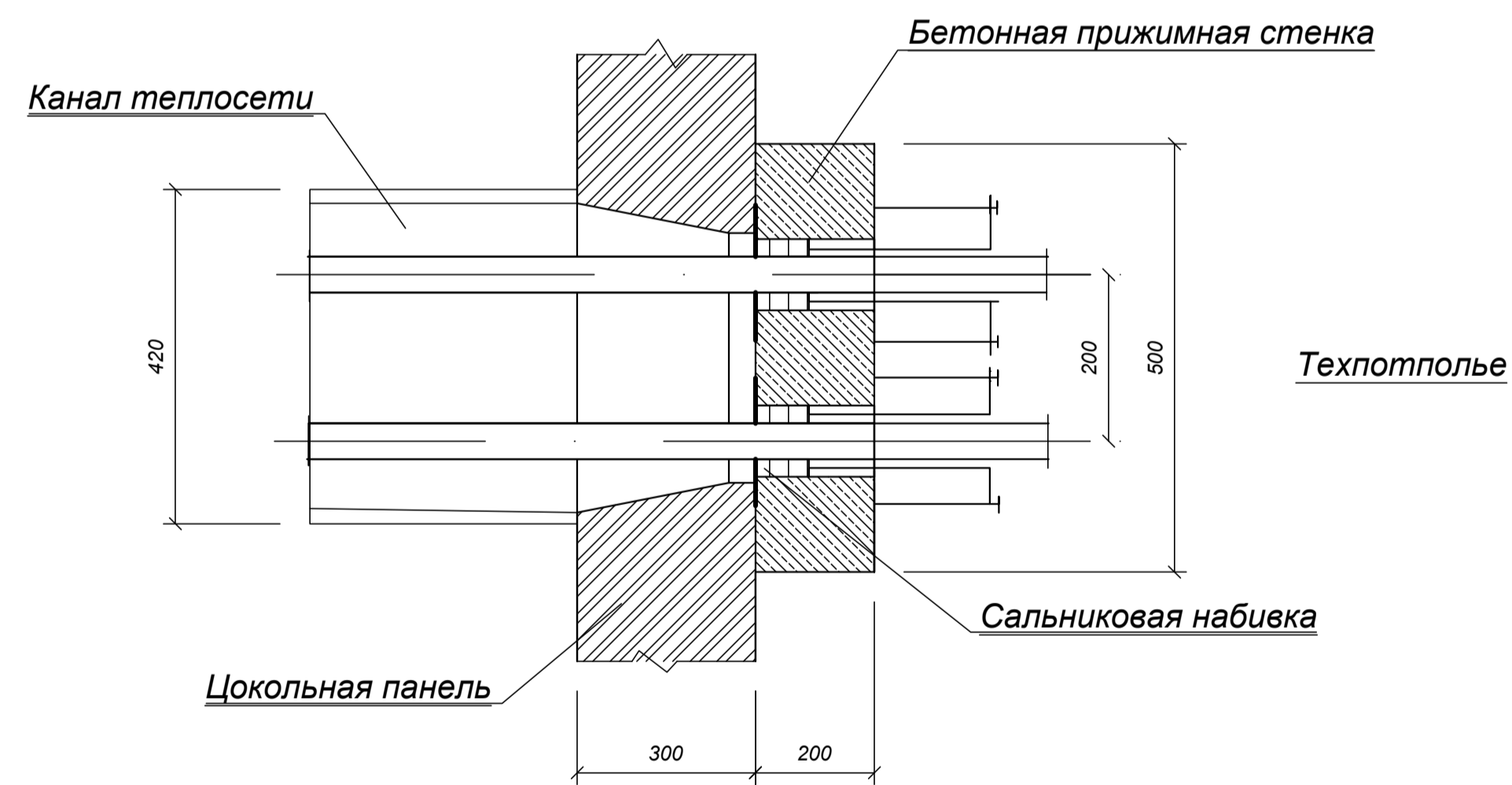
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

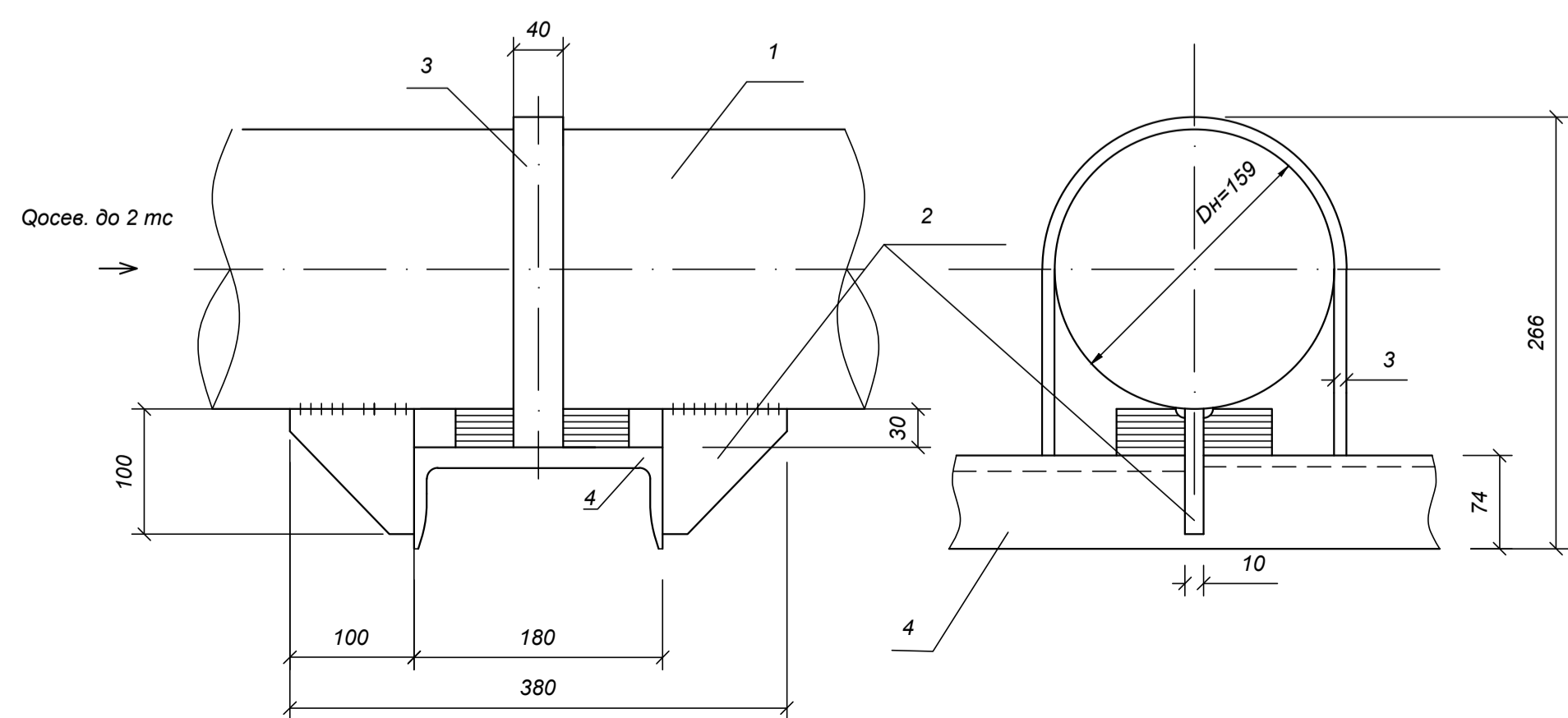
Монолитная вставка неподвижной опоры



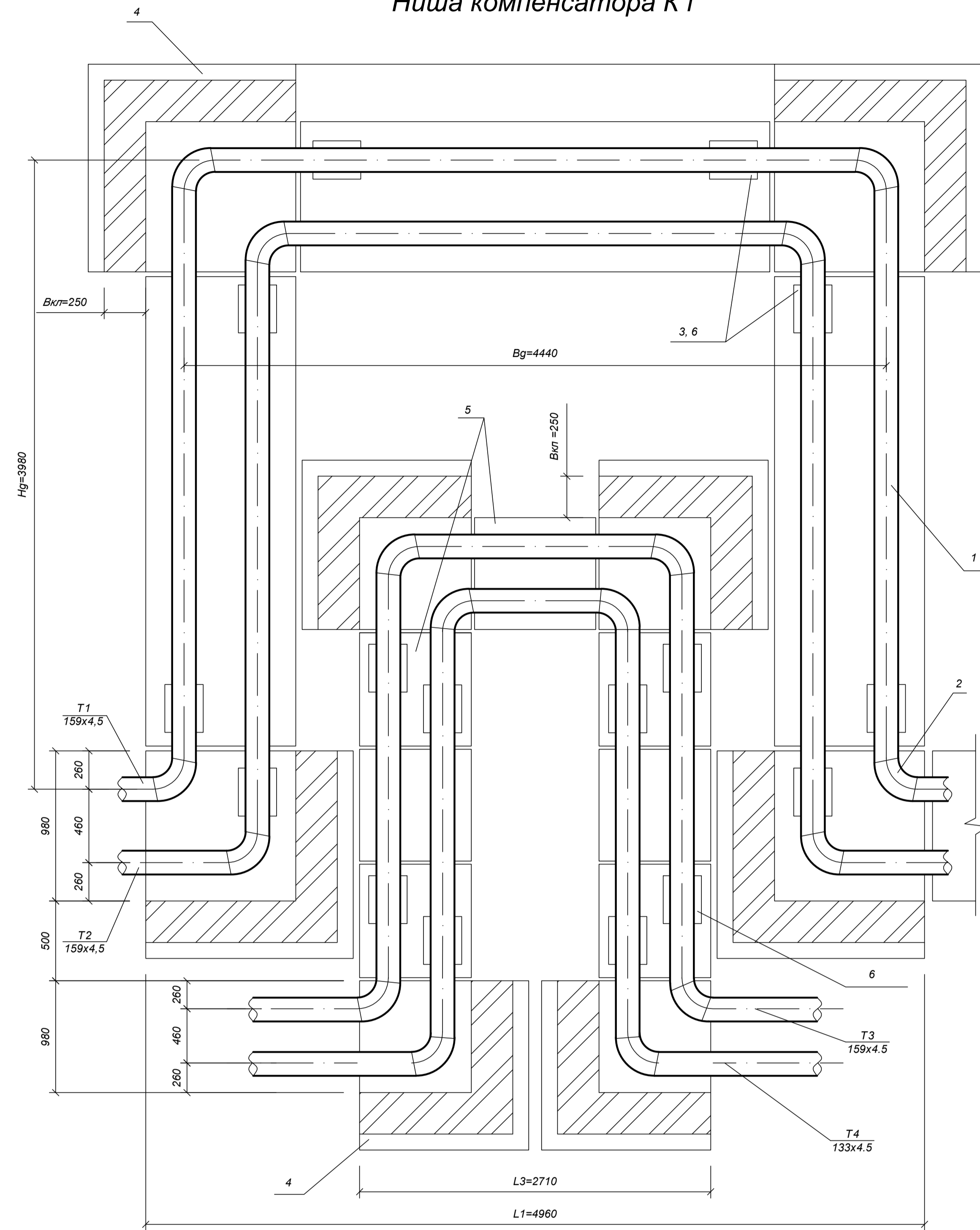
Ввод теплосети в здание  
(Газонепроницаемый сальник ГС 25 - 80)



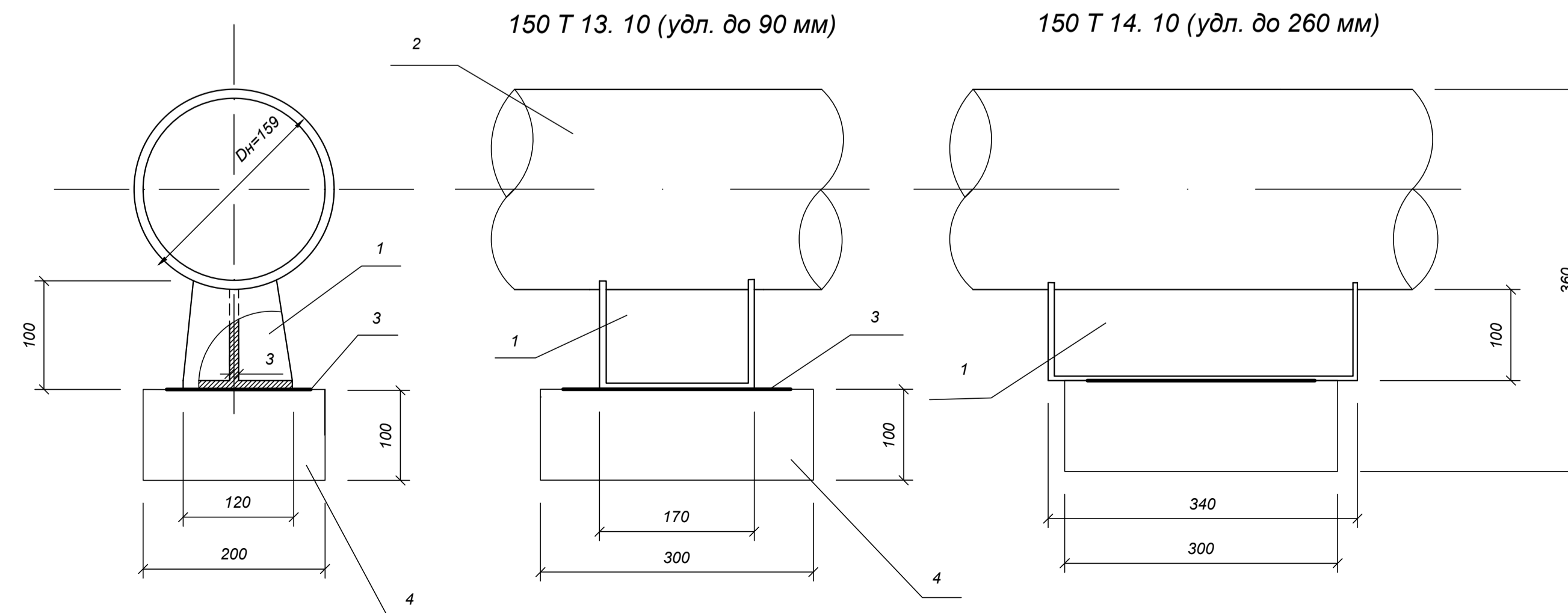
Хомутовая неподвижная опора 159 Т3.09



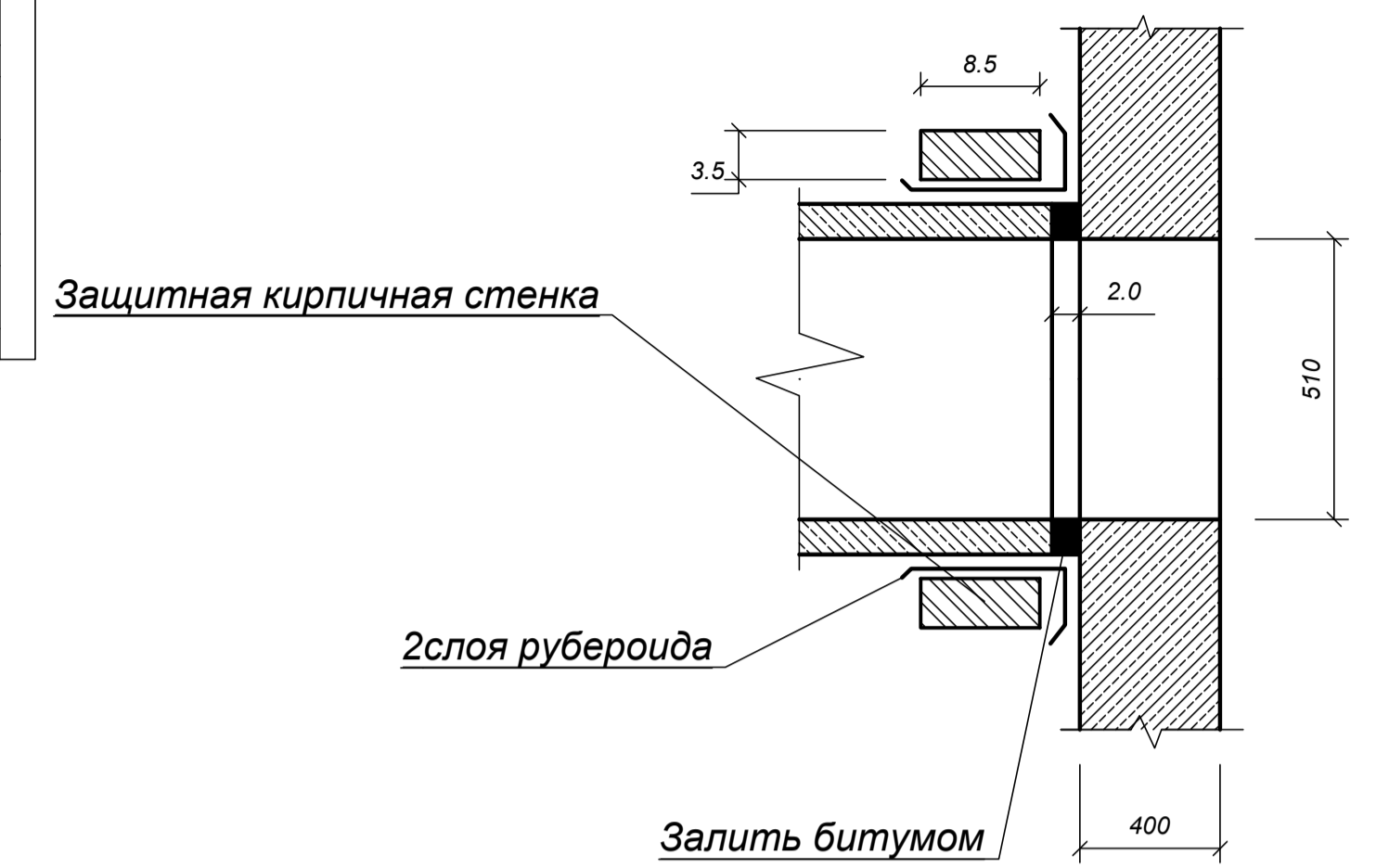
Ниша компенсатора К1



Скользящие опоры 150 Т13 (14)



Узел примыкания канала к тепловой сети (деформационный шов)



Спецификация

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
Компенсаторная ниша К1					
	159x4,5 ГОСТ 10704-91	1. Труба $\varnothing$ , 150, м	18	17,15	
	90°159x4,5 ГОСТ 17375-77	2. Отвод $\varnothing$ , 150, шт	8	17,0	
	150 Т13.10	3. Скользящая опора, шт	8	2,25	
	Серия 3.006.1- 8				
	ПДУ 140.150.12	4. Плита днища, шт	4	500	
	ЛК 75.120.90	5. Лоток доборный, шт	9	500	
	ОП 2	6. Опорная подушка, шт	8	13	
Опора неподвижная хомутовая 150 Т3.09					
	159x4,5 ГОСТ 10704-91	1. Труба $\varnothing$ , 150, м	1	17,15	
	Ст 2 ГОСТ14637-69	2. Упор, шт	2	0,45	
	Ст 2 ГОСТ14637-69	3. Хомут 3x40 мм, м	1		
	ГОСТ 8240-72	4. Балка неподвижной опоры - швеллер №18, шт	1	19,56	
Опора скользящая					
	150 Т13.10	1. Скользящая опора, шт	1	2,25	
	159x4,5 ГОСТ 10704-91	2. Труба $\varnothing$ , 150, м	1	17,15	
	СТ 2 ГОСТ 14637-69	3. Закладная, шт	1		
	Серия 3.006.1-8				
	ОП 2	4. Опорная подушка, шт	2	13	
Газонепроницаемый сальник					
	7219-88/95.1 ИМ	1. Газонепроницаемый сальник ГС 25.....80, шт	2		
	ГОСТ 5152-84Е	2. Сальниковая набивка- кольца асбеста			
Монолитная вставка неподвижной опоры					
	108 x 4 ГОСТ 10704-96	1. Труба $\varnothing$ 100, м	1,5	10,26	
	Серия 4.903.10 вып. 4				
	100 Т3.07	2. Неподвижная опора, шт	2	1,1	
	ГОСТ 8240-72	3. Балка неподвижной опоры - швеллер № 18, l=1200 мм, шт	1	19,56	
	В 15	4. Бетон. Монолитная вставка, м³		0,32	
	В 7,5	5. Бетон. Подготовка, м³		0,09	
	Серия 3.006.1-8				
	ПТ 75.90.10	6. Плита перекрытия лотка доборная, шт	1	120	

БР-08.03.01.05-2019 ТС

СФУ ИСИ

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Студия	Лист	Листов
Разраб.		Марьин				У	5	5
Руков.		Целищев						
Н. контр.		Целищев						
Зав. каф.		Матюшенко						

Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП

Компенсаторная ниша К1; Вставка неподвижной опоры; Опоры; Сальник; Шов

ИСЗиС

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко

подпись инициалы, фамилия

« 4 » 07 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»

код и наименование специализации

Система централизованного теплоснабжения жилого микрорайона от ЦТП

тема

Руководитель

 4.07.19  
подпись, дата

ст. преподаватель

должность, ученая степень

А.В.Целищев

инициалы, фамилия

Выпускник

Марьян 04.7.19  
подпись, дата

М.Д.Марьян

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 4.07.19  
подпись, дата

А.В.Целищев

инициалы, фамилия

Красноярск 2019