

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный техниче-
ский университет»

Кафедра жилищно-коммунального хозяйства

42-2018

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
МИКРОРАЙОНА ГОРОДА**

Методические указания

*к выполнению курсового проекта для магистрантов,
обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство»
программа «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий
и сооружений» всех форм обучения*

Воронеж 2018

УДК 697.34:711.585(07)

ББК 65.441я7

Составитель М.С.Кононова

Реконструкция системы теплоснабжения микрорайона города: методические указания к выполнению курсового проекта для магистрантов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство» программа «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М.С.Кононова – Воронеж, 2018. - 32 с.

Сформулированы цель и задачи реконструкции системы теплоснабжения на основе двух альтернативных вариантов. Приведены рекомендации по проектированию и расчету тепловых сетей, а также подбору оборудования тепловых пунктов. Изложены содержание и объем текстовой и графической части курсового проекта. Приведены примеры расчетов и основные справочные данные, необходимые для проектирования.

Табл. 12. Ил. 6. Библиогр.: 5 назв.

УДК 697.34:711.585(07)
ББК 65.441я7

Рецензент д-р техн. наук, проф. Э.В. Сазонов

Печатается по решению учебно-методического совета ВГТУ

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Сложившаяся структура систем теплоснабжения большинства российских городов предполагает подачу теплоты не только на отопление зданий, но и на нагрев воды для нужд горячего водоснабжения. В большинстве случаев теплообменники горячего водоснабжения располагаются в центральных тепловых пунктах, обслуживающих группу зданий. В современных условиях существует альтернативное решение – с расположением теплообменников непосредственно в индивидуальных тепловых пунктах зданий. Вопрос о выборе одного из этих вариантов решается на основе сравнения их технико-экономических показателей.

Целью выполнения курсового проекта является формирование у студентов представления о современном оборудовании и технологиях, применяемых в системах теплоснабжения, а также выработка навыков проектирования, расчета и принятия решений по реконструкции систем централизованного теплоснабжения.

Работа над проектом способствует усвоению студентами теоретических положений, формированию практических навыков в проектно-конструкторской работе, пониманию взаимосвязи отдельных элементов систем.

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по расчету тепловых сетей и подбору оборудования тепловых пунктов. Теоретическая часть дополнена методическими рекомендациями по последовательности выполнения проекта, а также примерами расчетов. В приложениях даны справочные материалы, необходимые для выполнения расчетной части проекта.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Объектом реконструкции является система теплоснабжения жилой группы, обслуживаемой одним центральным тепловым пунктом. В задании на курсовое проектирование указывается город, приводится схема трассировки тепловой сети, перечень потребителей, год постройки зданий.

1.1 Климатологические данные

Для города, указанного в задании к курсовому проекту, по [1]

принимают следующие климатические данные:

- расчетная температура наружного воздуха для отопления (температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{x5}, ^\circ\text{C}$;
- средняя температура за отопительный период $t_{on}, ^\circ\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $z_{on}, \text{сут.}$

1.2 Характеристика системы теплоснабжения

Тип прокладки тепловой сети – подземная, в непроходном канале.

Расчетная температура теплоносителя:

- в подающем трубопроводе $T_1, ^\circ\text{C}$;
- в обратном трубопроводе $T_2, ^\circ\text{C}$.

График регулирования температуры теплоносителя приведен на рис. 1.1.

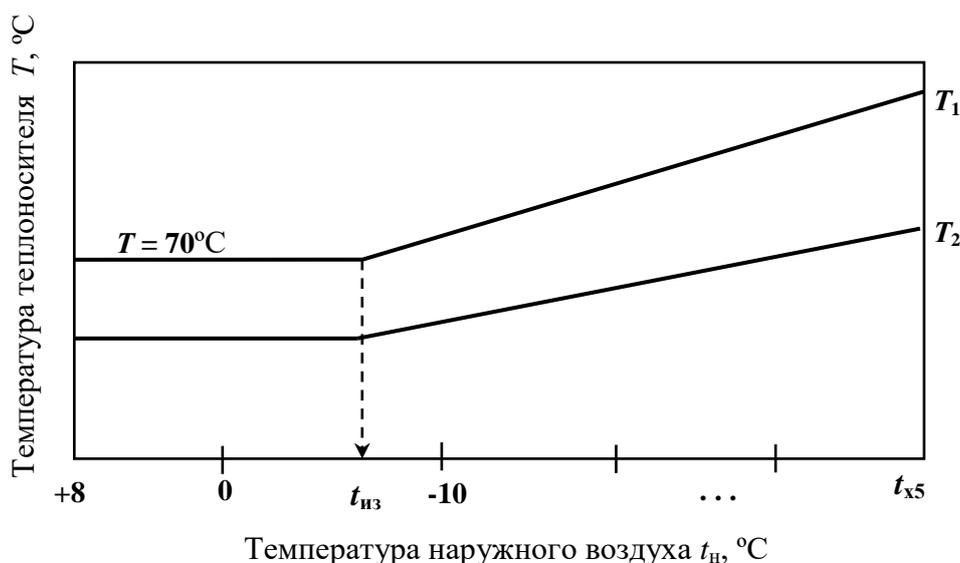


Рис. 1.1. Зависимость температуры теплоносителя в тепловой сети от температуры наружного воздуха: T_1, T_2 – расчетная температура теплоносителя в подающей и обратной магистрали тепловой сети; t_{x5} – температура наиболее холодной пятидневки; $t_{из}$ – температура наружного воздуха в точке излома температурного графика.

1.3 Характеристика потребителей

Потребителями теплоты являются системы отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий, их характеристики приводятся в виде табл. 1.1. Расчетные расходы теплоты при отсут-

ствии данных определяются по [2, прил. В, Г.].

Таблица 2.1

Характеристика потребителей

Поз. по плану	Наименование потребителя, этажность	Кол. жителей, т, чел.	Отапливаемая площадь F_{OT} , м ²	Расход теплоты, кВт			
				на отопление Q_O	на вентиляцию Q_B	на ГВ $Q_{ГВ}$	сумма ΣQ
1	Жилой дом, 9эт.	200	4000	350	-	61	411
2	Детский сад, 2эт.	100	2000	354	212	- 3	215
...

2. Описание вариантов реконструкции

В курсовом проекте рассматривается два варианта реконструкции системы теплоснабжения с последующим сравнением их технико-экономических показателей.

Первый вариант: сохраняется существующая структура системы теплоснабжения с подогревом воды на горячее водоснабжение в центральном тепловом пункте (ЦТП) (рис. 2.1).

Предлагаются следующие мероприятия по реконструкции:

1) Замена изношенных труб тепловой сети, проложенной в непроходном канале, на конструкцию бесканальной прокладки с монолитной пенополиуретановой изоляцией.

2) Модернизация ЦТП с заменой секционных трубчатых теплообменников на пластинчатые и установкой приборов автоматического регулирования.

3) Модернизация оборудования индивидуальных тепловых пунктов здания с установкой приборов автоматического регулирования температуры теплоносителя.

Второй вариант: предлагается изменение структуры теплоснабжения с переносом теплообменников из центральных в индивидуальные тепловые пункты (ИТП) зданий (рис. 2.2).

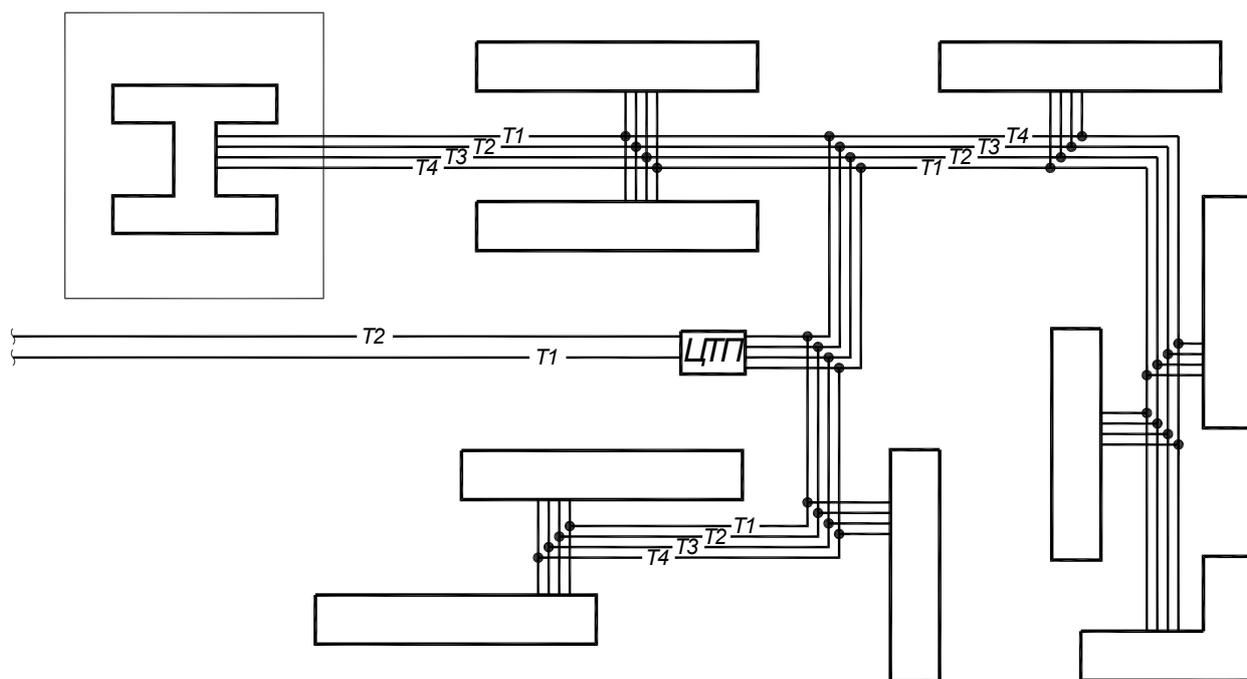


Рис. 2.1 – Схема централизованного теплоснабжения с установкой теплообменников горячего водоснабжения в ЦТП

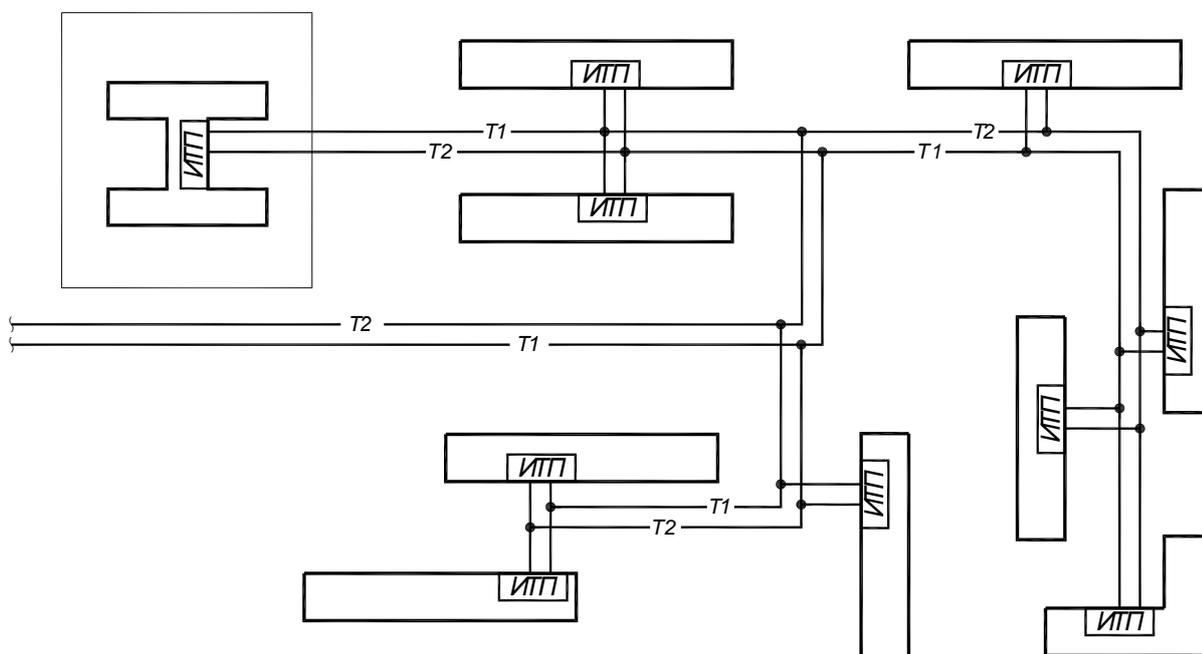


Рис. 2.2 – Схема централизованного теплоснабжения с установкой теплообменников горячего водоснабжения в ИТП зданий

Во втором варианте предусматриваются следующие мероприятия по реконструкции:

1) Замена четырехтрубной тепловой сети на двухтрубную с изменением диаметров труб.

2) Изменение схемы ИТП зданий с установкой пластинчатых теплообменников и приборов автоматического регулирования.

3. Реконструкция тепловой сети

3.1 Гидравлический расчет тепловой сети для первого варианта реконструкции

В первом варианте реконструкции проводится проверочный гидравлический расчет с подбором диаметров труб в монолитной пенополиуретановой изоляции [3].

Для проведения проверочного гидравлического расчета требуется рассчитать расходы теплоносителя отдельно для трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения.

Расчётный расход теплоносителя на отопление G_o , кг/с, определяется по формуле

$$G_o = Q_o / [c \cdot (T_1 - T_2)], \quad (3.1)$$

где Q_o - расчётная тепловая мощность системы отопления, кВт; T_1 , T_2 - расчётные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе, °С; c - удельная теплоёмкость теплоносителя, для воды $c = 4,2$ кДж/(кг · °С);

Расчетный расход воды в подающем трубопроводе системы горячего водоснабжения $G_{ГВ}$, кг/с, рассчитывается по формуле

$$G_{ГВ} = Q_{ГВ} / [c \cdot (T_{ГВ} - T_{ХВ})], \quad (3.2)$$

где $Q_{ГВ}$ - расчётный тепловой поток на горячее водоснабжение, кВт; $T_{ГВ}$ - расчетная температура горячей воды, принимается равной 60°С, $T_{ХВ}$ - расчётная температуры холодной воды, принимается равной 5°С; c - то же, что в формуле (3.1).

Расчетный расход воды в циркуляционном трубопроводе системы горячего водоснабжения $G_{Ц}$ должен компенсировать теплопотери

подающего трубопровода. В рамках курсового проекта допускается принимать циркуляционный расход $G_{Ц}$ в размере 40% от расхода воды в подающем трубопроводе $G_{ГВ}$.

Рассчитанные расходы теплоносителя указываются на расчетных схемах. Для удобства проведения расчетов составляют отдельные схемы для трубопроводов отопления и горячего водоснабжения. Пример оформления расчетной схемы приведен в прил.А.

Диаметры труб подбираются по справочным таблицам [4] или прил.Б., при известном расходе теплоносителя и ориентировочном значении удельных потерь давления от 150 до 300Па/м. При этом следует учитывать сортамент диаметров труб, выпускаемых в соответствии с [3].

Потери давления на участке трубопровода системы отопления ΔP_{OT} , Па, определяются по формуле

$$\Delta P_{OT} = R_{OT} \cdot L_{ПП}, \quad (3.3)$$

где R_{OT} – удельная потеря давления на трение, Па/м, принятая по справочной таблице [4] или прил. Б; $L_{ПП}$ – приведенная длина участка, м, рассчитываемая по формуле

$$L_{ПП} = (1 + \alpha) L_{УЧ}, \quad (3.4)$$

где $L_{УЧ}$ – длина участка по плану, м; α – коэффициент, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях, в предварительном гидравлическом расчете принимаем $\alpha = 0,3$.

Результаты расчетов трубопроводов отопления заносят в табл. 3.1.

При гидравлическом расчете трубопроводов горячего водоснабжения потери давления в подающем ($\Delta P_{ГВ}$) и обратном ($\Delta P_{Ц}$) трубопроводе, Па, определяются по формулам

$$\Delta P_{ГВ} = R_{ГВ} \cdot L_{УЧ} \cdot K_M, \quad (3.5)$$

$$\Delta P_{Ц} = R_{Ц} \cdot L_{УЧ} \cdot K_M, \quad (3.6)$$

где $R_{ГВ}$, $R_{Ц}$ – удельная потеря давления на трение, Па/м, принимается по номограмме, прил. В; $L_{УЧ}$ – длина участка, м; K_M – коэффициент

учета местных потерь давления, принимается равным 1,1.

Проверочный расчет трубопроводов горячего водоснабжения оформляют в виде табл. 3.2.

Таблица 3.1

Результаты гидравлического расчета трубопроводов отопления
для первого варианта реконструкции

Номер участка	Расход теплоносителя G_O , кг/с	Длина участка $L_{уч}$, м	Приведенная длина $L_{пр}$, м	Диаметр трубы d_O , мм	Удельные потери давления R_{OT} , Па/м	Потери давления на участке ΔP_{OT} , Па
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 3.2

Результаты гидравлического расчета трубопроводов горячего водоснабжения для первого варианта реконструкции

Номер участка	Расход теплоносителя		Длина участка $L_{уч}$, м	Диаметр трубы		Удельные потери давления		Потери давления на участке	
	$G_{ГВ}$, кг/с	$G_{Ц}$, кг/с		$d_{ГВ}$, мм	$d_{Ц}$, мм	$R_{ГВ}$, Па/м	$R_{Ц}$, Па/м	$\Delta P_{ГВ}$, Па	$\Delta P_{Ц}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.2. Гидравлический расчет тепловой сети для второго варианта реконструкции

Во втором варианте проектируется двухтрубная тепловая сеть от ЦТП до здания потребителей. Расчетный расход теплоносителя при этом определяется по формуле

$$G_P = G_1 + G_2, \quad (3.7)$$

где, G_1 – расход теплоносителя на отопление (см. таблицу 3.1, графа 2), кг/с; G_2 – расход теплоносителя для нагрева горячей воды, кг/с, рассчитываемый по формуле

$$G_2 = G_{ГВ} * (T_3 - T_{ХВ} / T_{ИИЗ} - T_{ОИЗ}), \quad (3.8)$$

где $T_3 = 60^\circ\text{C}$ – расчетная температура горячей воды; $T_{ХВ} = +5^\circ\text{C}$ – расчетная температура холодной воды; $T_{ИИЗ}$, $T_{ОИЗ}$ – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе в точке излома температурного графика (рис.1.1.); $G_{ГВ}$ – расчетный расход горячей воды, кг/с (см. таблицу 3.2, графа 2).

Для второго варианта реконструкции также составляется расчетная схема тепловой сети, аналогичная схеме, приведенной в прил. А.

Для новых расходов теплоносителя проводится гидравлический расчет, аналогичный приведенному в п.3.1, результаты которого заносят в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Гидравлический расчет трубопроводов двухтрубной тепловой сети (второй вариант реконструкции)

Номер участка	Расход теплоносителя G_1 , кг/с	Расход теплоносителя G_2 , кг/с	Расход теплоносителя G_P , кг/с	Длина участка L , м	Приведенная длина $L_{ПР}$, м	Диаметр трубы d , мм	Удельные потери давления R , Па/м	Потери давления ΔP , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3.3. Разработка монтажной схемы тепловой сети

По результатам гидравлических расчетов разрабатываются монтажные схемы для двух вариантов тепловой сети - четырехтрубной и двухтрубной. Примеры монтажных схем приведены в прил.Г.Д.

В курсовом проекте допускается для первого варианта реконструкции разрабатывать отдельно монтажную схему для трубопроводов отопления и трубопроводов горячего водоснабжения.

По монтажной схеме составляется спецификация элементов тепловой сети с использованием маркировок в соответствии с [3]. По данным предприятий-производителей определяется стоимость элементов тепловой сети. Результаты оформляются в виде табл. 3.4., 3.5.

Таблица 3.4

Спецификация элементов четырехтрубной тепловой сети (первый вариант)

Поз	Обозначение	Наименование	Ед. изм	Кол -во	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
1	Ст 133×3-90°-1-ППУ-ПЭ	Отвод 90, <i>d</i> 125	шт	18	4480	80640
2	Ст 133-45-1-ППУ-ПЭ	Тройник (<i>d</i> 125- <i>d</i> 40)	шт	4	9492	37968

Суммарная стоимость $\Sigma S_{TCI} =$						

Таблица 3.5

Спецификация элементов двухтрубной тепловой сети (второй вариант)

Поз	Обозначение	Наименование	Ед. изм	Кол -во	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
1	Ст 133-108-1-ППУ-ПЭ	Переход (<i>d</i> 125- <i>d</i> 100)	шт	3	225	675
2	Ст 133-340×20-1-ППУ-ПЭ	Неподвижная опора <i>d</i> 125	шт	8	8462	67696
3	Ст 45×3-1-ППУ-ПЭ	Труба <i>d</i> 40	м	2226	846	1883196

Суммарная стоимость $\Sigma S_{TCII} =$						

4. Реконструкция оборудования тепловых пунктов

4.1. Подбор оборудования для ЦТП (первый вариант реконструкции)

В первом варианте реконструкции предполагается модернизация оборудования ЦТП с заменой секционных трубчатых теплообменников на пластинчатые и установкой современных приборов автоматического регулирования.

Схема оборудования ЦТП приведена на рис. 4.1. (показано не все оборудование ЦТП, а только те элементы, которые заменяются или добавляются в процессе реконструкции).

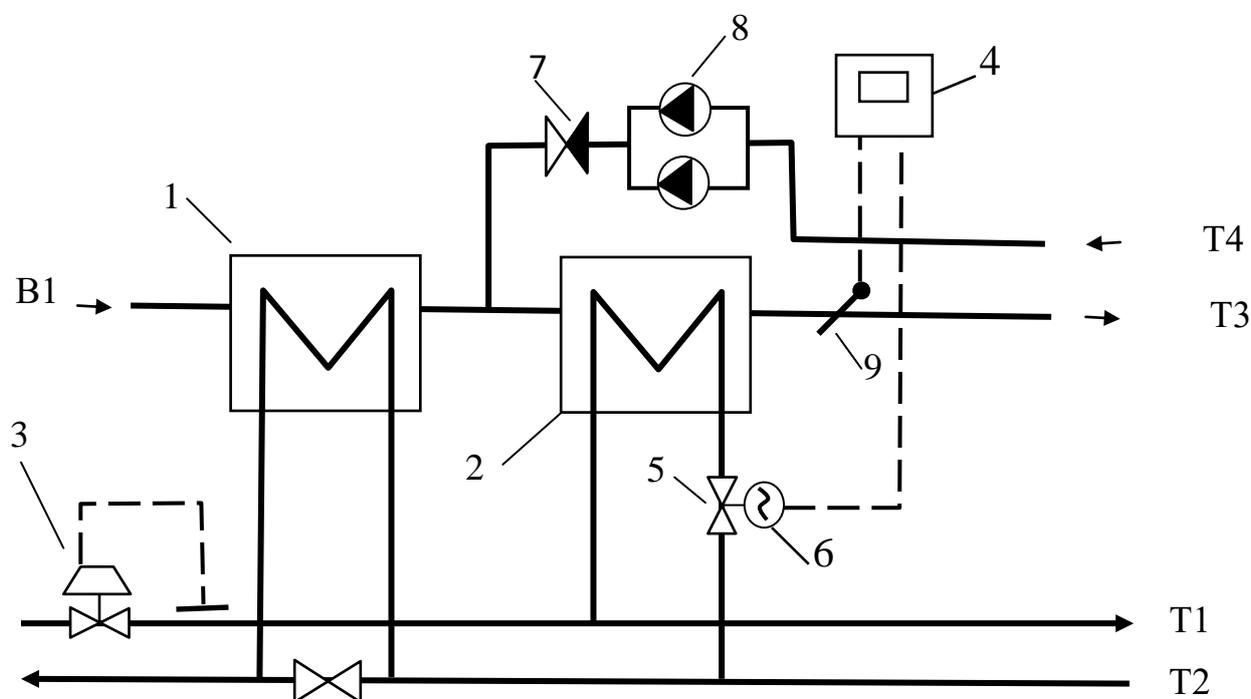


Рис. 4.1. Схема оборудования ЦТП: 1,2 – пластинчатый теплообменник; 3 – регулятор-ограничитель расхода; 4 – электронный регулятор температуры; 5 – регулирующий проходной клапан; 6 – электропривод клапана; 7 – обратный клапан; 8 – циркуляционный насос (сдвоенный); 9 – датчик температуры теплоносителя.

По каталогам производителей оборудования составляется перечень оборудования, необходимого для реконструкции ЦТП (табл. 4.1.)

Таблица 4.1

Перечень оборудования ЦТП

Позиция	Наименование и обозначение	Количество	Стоимость, руб.
1	Пластинчатый теплообменник ТР 3-62	1	45421
2	Пластинчатый теплообменник ТР 3-62	1	45421
3	Регулятор- ограничитель расхода VFQ2, d-250	1	16286,92
4	Электронный регулятор ECL Comfort 210	1	16692
5	Регулирующий клапан VFG2, d-80	1	75270
6	Электропривод клапана AMV410	1	44070
7	Обратный клапан 065 ВХХХ, d-40	1	1170
8	Насос циркуляционный UPS 40-50 F	2	13800
9	Датчик температуры теплоносителя ESM4	1	3521,7

ИТОГО: $S_{ЦТП} = 261652,62$ руб.

4.2. Подбор оборудования для ИТП (первый вариант реконструкции)

В этом варианте реконструкции в ИТП зданий предполагается установка приборов, обеспечивающих автоматическое регулирование температуры теплоносителя. Схема узла регулирования приведена на рис. 4.2.

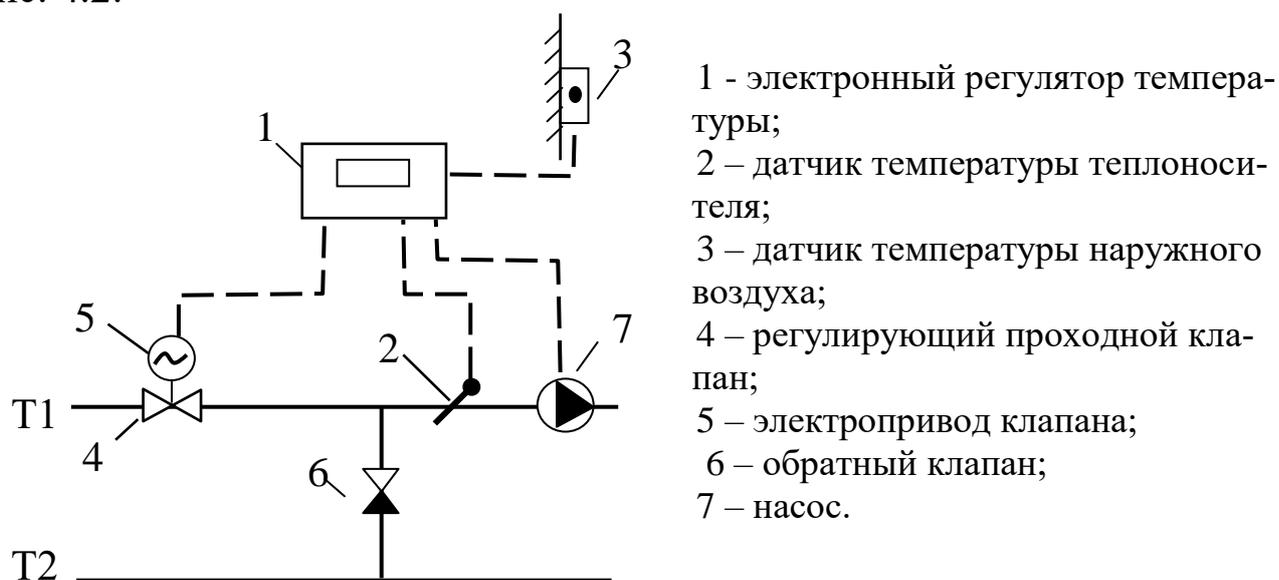


Рис. 4.2. Схема оборудования ИТП (первый вариант реконструкции)

По каталогам производителей оборудования составляется спецификация оборудования, необходимого для реконструкции ИТП (табл. 4.2.)

Таблица 4.2

Перечень оборудования ИТП (первый вариант реконструкции).

Номер здания и диаметр трубы	Наименование и обозначение оборудования	Количество	Стоимость, руб.
1, d=90 мм	Электронный регулятор ECL Comfort 110	1	17581,2
	Датчик температуры теплоносителя ESMU	1	3521,7
	Датчик температуры наружного воздуха ESMT	1	2146,56
	Регулирующий проходной клапан VFS 2, d-100	1	2023,44
	Электропривод клапана AMV 55	1	1102,90
	Обратный клапан пружинный фланцевый, d-90	1	257,16
	Насос UPS 25-60	1	4400
Итого:			31032 *

**Аналогичный расчет проводится по всем зданиям*

По итогам таблицы 4.2, путем суммирования итоговой стоимости оборудования зданий определяется суммарная стоимость оборудования для первого варианта реконструкции $S_{ИТП I}$.

4.3. Подбор оборудования для ИТП (второй вариант реконструкции)

В этом варианте в ИТП кроме приборов для регулирования температуры теплоносителя устанавливаются теплообменники для нагрева горячей воды. Схема оборудования ИТП приведена на рис. 4.3.

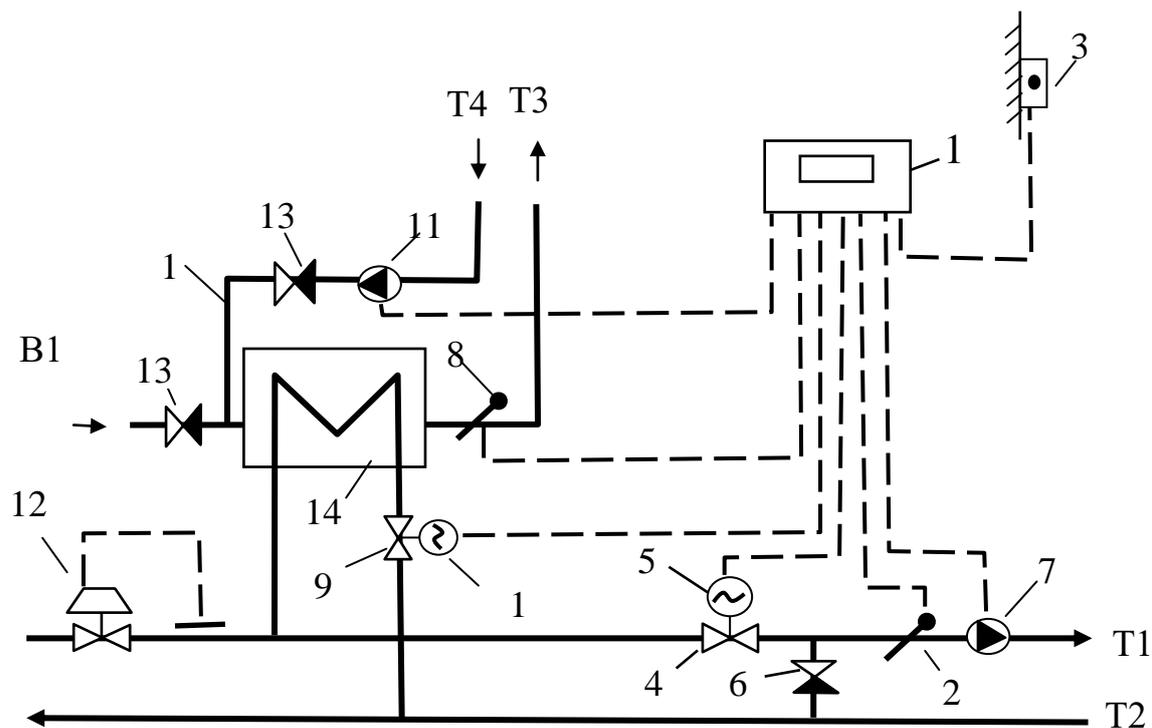


Рис. 4.3. Схема оборудования ИТП (второй вариант реконструкции):
 1 – электронный регулятор температуры; 2 – датчик температуры теплоносителя; 3 – датчик температуры наружного воздуха; 4 – регулирующий проходной клапан; 5 – электропривод клапана; 6 – обратный клапан; 7 – насос; 8 – датчик температуры горячей воды; 9 – проходной регулирующий клапан; 10 – электропривод клапана; 11 – насос циркуляционный; 12 – регулятор-ограничитель расхода; 13 – обратный клапан; 14 – пластинчатый теплообменник.

По каталогам производителей оборудования составляется спецификация оборудования, необходимого для реконструкции ИТП (табл. 4.3.) .

Таблица 4.3

Перечень оборудования ИТП (второй вариант реконструкции)

Номер здания и диаметр труб	Наименование и обозначение оборудования	Количество	Стоимость, руб.
1 d ₁ = 100 мм d ₂ = 65 мм d ₃ = 50 мм	Электронный регулятор температуры ECL Comfort 210	1	17550
	Датчик температуры теплоносителя ESMU	1	3521,7
	Датчик температуры наружного воздуха ESMT	1	2146,56

Номер здания и диаметр труб	Наименование и обозначение оборудования	Количество	Стоимость, руб.
1 d ₁ = 100 мм d ₂ = 65 мм d ₃ = 50 мм	Регулирующий проходной клапан VFS 2, d-100	1	2023,44
	Электропривод клапана AMV 55	1	1102,90
	Обратный клапан пружинный фланцевый, d-90	1	257,16
	Насос UPS 25-60	1	4400
	Датчик температуры горячей воды ESMU	1	3521,7
	Проходной регулирующий клапан VFS 2, d-65	1	1298,71
	Электропривод клапана AMV 55	1	32692,1
	Насос циркуляционный 25-30	1	3520
	Регулятор-ограничитель расхода VFQ 2, d-100	1	143203,2
	Обратный клапан 065 ВХХХХ, d-65	2	4461
	Пластинчатый теплообменник TP 3-44	1	36565
		Итого	229918,87 *

По итогам таблицы 4.3 путем суммирования итоговой стоимости оборудования отдельных зданий определяется суммарная стоимость оборудования для второго варианта реконструкции $S_{ИТП II}$.

5. Расчет эксплуатационных затрат

5.1. Расчет потерь теплоты при транспортировке теплоносителя

В рамках курсового проекта потери теплоты трубопроводами отопления $Q_{ПТ.ОТ}$, Вт, и горячего водоснабжения $Q_{ПТ.ГВ}$, Вт, рассчитываются по формулам

$$Q_{ПТ.ОТ} = q_{О} \cdot L_{Уч}, \quad (5.1)$$

$$Q_{ПТ.ГВ} = q_{ГВ} \cdot L_{Уч}, \quad (5.2)$$

где q_O , $q_{ГВ}$ - норма плотности теплового потока соответственно на отопление и горячее водоснабжение, Вт/м, принимаются равными нормируемым потерям в соответствии с [5]; $L_{уч}$ – длина участка, м.

Результаты расчета потерь теплоты для первого варианта реконструкции оформляются в виде табл. 5.1.

Таблица 5.1

Расчет потерь теплоты в четырехтрубной тепловой сети
(первый вариант реконструкции)

Номер участка	Длина участка, $L_{уч}$, м	Диаметр туб, мм		Норма плотности теплового потока на отопление q_O , Вт/м	Норма плотности теплового потока на ГВ $q_{ГВ}$, Вт/м	Потери теплоты, Вт	
		отопления, d_O	горячего водоснабжения $d_{ГВ}$			трубопроводами отопления, $Q_{ПТ.ОТ}$, Вт	трубопроводами горячего водоснабжения, $Q_{ПТ.ГВ}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого:						$\Sigma Q_{ПТ.ОТ} =$	$\Sigma Q_{ПТ.ГВ} =$

Расчет потерь теплоты для второго варианта реконструкции рассчитывается аналогично первому (см. формулу (5.1)) и оформляется в виде табл.5.2.

Таблица 5.2

Расчет потерь в двухтрубной тепловой сети
(второй вариант реконструкции)

Номер участка	Длина участка, $L_{уч}$, м	Диаметр участка, d , мм	Норма плотности теплового потока q , Вт/м	Потери теплоты $Q_{ПТ}$, Вт
1	2	3	4	5
Итого:				$\Sigma Q_{ПТ} =$

Стоимость тепловых потерь для первого варианта реконструкции $S_{ТП\text{ ГОДИ}}$, руб/год, рассчитывается по формуле

$$S_{ТП\text{ ГОДИ}} = (\Sigma Q_{ПТ.ОТ} \cdot z + \Sigma Q_{ПТ.ГВ} \cdot 350) \cdot T_T \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}, \quad (5.3)$$

где $\Sigma Q_{ПТ.ОТ}$, $\Sigma Q_{ПТ.ГВ}$ – сумма тепловых потерь трубами отопления и горячего водоснабжения, кВт, (см. табл.5.1); z – продолжительность отопительного периода, сут; T_T – тарифная стоимость тепловой энергии, руб./ГДж

Стоимость тепловых потерь для второго варианта реконструкции $S_{ТП\text{ ГОДИ}}$, руб/год, рассчитывается по формуле

$$S_{ТП\text{ ГОДИ}} = \Sigma Q_{ПТ} \cdot 350 \cdot T_T \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}, \quad (5.4)$$

где $\Sigma Q_{ПТ}$ – сумма тепловых потерь трубопроводами при втором варианте реконструкции, кВт, (см. табл.5.2); T_T – тарифная стоимость тепловой энергии, руб./ГДж.

5.2. Расчет затрат электроэнергии на перекачку теплоносителя

5.2.1. Расчет затрат электроэнергии для первого варианта реконструкции

В первом варианте предусмотрена четырехтрубная сеть с двумя циркуляционными контурами: отопление и горячее водоснабжение.

Потери давления в контуре отопления $\Delta P_{ОТ}$, Па, определяются по формуле

$$\Delta P_{ОТ} = 2 \cdot \Sigma \Delta P_{УЧ} \cdot 10^{-3} + \Delta P_{СО} \quad (5.5)$$

где $\Sigma \Delta P_{УЧ}$ – сумма потерь давления по участкам, входящим в наиболее протяженное циркуляционное кольцо, Па, по результатам табл.3.1; $\Delta P_{СО} = 100$ кПа – потери давления в системе отопления здания.

Потери давления в циркуляционном контуре горячего водоснабжения рассчитываются по формуле:

$$\Delta P_{\text{ЦК}} = \sum \Delta P_{\text{Ц}} \cdot 10^{-3} + 50 , \quad (5.6)$$

где $\sum \Delta P_{\text{Ц}}$ – сумма потерь давления на участках наиболее протяженного циркуляционного кольца, Па, по результатам табл.3.2.

Расчетная мощность насосов для обеспечения циркуляции теплоносителя рассчитывается отдельно для контура отопления $N_{\text{ОТ}}$, кВт, и горячего водоснабжения $N_{\text{ГВ}}$, кВт, по формулам

$$N_{\text{ОТ}} = G_{\text{О}} \cdot \Delta P_{\text{ОТ}} / (3670 \cdot \eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{Э}}), \quad (5.7)$$

$$N_{\text{ГВ}} = G_{\text{ГВ}} \cdot \Delta P_{\text{ГВ}} / (3670 \cdot \eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{Э}}), \quad (5.8)$$

где $G_{\text{О}}$ – расчетный расход воды в контуре отопления, принимается равным расходу теплоносителя на участке, выходящем из ЦТП, в соответствии с табл.3.1. т/ч; $G_{\text{ГВ}}$ – расчетный расход воды в контуре горячего водоснабжения, принимается равным расходу теплоносителя $G_{\text{ГВ}}$ на участке, выходящем из ЦТП, в соответствии с табл.3.2., т/час; $\Delta P_{\text{ОТ}}$, $\Delta P_{\text{ГВ}}$ – потери давления при транспортировке теплоносителя соответственно в контуре отопления и горячего водоснабжения (см. формулы (5.5), (5.6)), кПа; $\eta_{\text{Н}} = 0,9$ – КПД насоса; $\eta_{\text{Э}} = 0,8$ – КПД электродвигателя.

Годовой расход электроэнергии на перекачку теплоносителя рассчитывается отдельно для контура отопления $\mathcal{E}_{\text{ГОД ОТ}}$, кВт·ч /год, и горячего водоснабжения $\mathcal{E}_{\text{ГОД ГВ}}$, кВт·ч /год, по формулам

$$\mathcal{E}_{\text{ГОД ОТ}} = N_{\text{ОТ}} \cdot z \cdot 24 , \quad (5.9)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ГОД ГВ}} = N_{\text{ГВ}} \cdot z \cdot 24, \quad (5.10)$$

где $N_{\text{ОТ}}$, $N_{\text{ГВ}}$ – расчетная мощность насосов для обеспечения циркуляции теплоносителя соответственно в контуре отопления и горячего водоснабжения (см. формулы (5.7), (5.8), кВт; z – продолжительность работы насосов в году, сут.

Годовая стоимость электроэнергии в первом варианте реконструкции $S_{\text{ЭЛГОД I}}$, руб./год, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ЭЛГОД I}} = (\mathcal{E}_{\text{ГОД ОТ}} + \mathcal{E}_{\text{ГОД ГВ}}) \cdot T_{\text{Э}}, \quad (5.11)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ГОД ОТ}}$, $\mathcal{E}_{\text{ГОД ГВ}}$ – годовой расход электроэнергии на перекачку теплоносителя (см. формулы (5.9), (5.10), кВт·ч /год; $T_{\mathcal{E}}$ – тарифная стоимость электроэнергии, руб/ кВт·ч.

5.2.2. Расчет затрат электроэнергии для второго варианта реконструкции

Во втором варианте предусмотрена двухтрубная сеть с одним циркуляционным контуром.

Потери давления в циркуляционном контуре рассчитываются по формуле

$$\Delta P = 2 \sum \Delta P_{\text{УЧ}} \cdot 10^{-3} + \Delta P_{\text{СО}}, \quad (5.12)$$

где $\sum \Delta P_{\text{УЧ}}$ – сумма потерь давления по участкам, входящим в наиболее протяженное циркуляционное кольцо, Па, по результатам табл.3.3; $\Delta P_{\text{СО}} = 100$ кПа – потери давления в системе отопления здания.

Расчетная мощность насосов для обеспечения циркуляции теплоносителя N , кВт, рассчитывается по формуле

$$N = G \cdot \Delta P / 3670 \cdot \eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\mathcal{E}}, \quad (5.13)$$

где G – расчетный расход воды в контуре отопления, принимается равным расходу теплоносителя на участке, выходящем из ЦТП, в соответствии с табл.3.3. т/ч; ΔP – потери давления при транспортировке теплоносителя (см. формулу (5.12)), кПа; $\eta_{\text{Н}}$ – КПД насоса; $\eta_{\mathcal{E}}$ – КПД электродвигателя.

В рамках курсового проекта принимаются: $\eta_{\text{Н}} = 0,9$ $\eta_{\mathcal{E}} = 0,8$.

Годовой расход электроэнергии на перекачку теплоносителя $\mathcal{E}_{\text{ГОД}}$, кВт·ч /год, рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{ГОД ОТ}} = N \cdot z \cdot 24, \quad (5.14)$$

где N – расчетная мощность насосов для обеспечения циркуляции теплоносителя (см. формулу (5.13)), кВт; z – продолжительность работы насосов в году, сут.

Годовая стоимость электроэнергии во втором варианте реконст-

рукции $S_{ЭЛГОД II}$, руб./год, рассчитывается по формуле

$$S_{ЭЛГОД II} = Э_{ГОД} \cdot T_{Э}, \quad (5.15)$$

где $Э_{ГОД}$ – годовой расход электроэнергии на перекачку теплоносителя (см. формулу (5.14), кВт·ч /год; $T_{Э}$ – тарифная стоимость электроэнергии, руб/ кВт·ч.

6. Сравнение вариантов реконструкции системы теплоснабжения

Капитальные затраты для первого варианта реконструкции K_I , руб., составляют:

$$K_I = (S_{ТС I} + S_{ЦТП} + S_{ИТП I}) \cdot K_{МОНТ} \quad (6.1)$$

где $S_{ТС I}$ – стоимость трубопроводов и фасонных частей для строительства четырехтрубной тепловой сети в соответствии со спецификацией и монтажной схемой, руб. (см. табл.3.5); $S_{ЦТП}$ – стоимость оборудования, необходимого для реконструкции ЦТП, руб. (см. табл. 4.1); $S_{ИТП I}$ – стоимость оборудования необходимого для реконструкции ИТП зданий, руб. (см. табл. 4.2); $K_{МОНТ} = 1,45$ – коэффициент учитывающий стоимость монтажных работ.

Капитальные затраты для второго варианта реконструкции рассчитываются по формуле

$$K_{II} = (S_{ТС II} + S_{ИТП II}) \cdot K_{МОНТ} \quad (6.2)$$

где $S_{ТС II}$ – стоимость трубопроводов и фасонных частей для строительства двухтрубной тепловой сети (см. табл.3.6); $S_{ИТП II}$ – стоимость оборудования необходимого для реконструкции ИТП зданий, руб. (см. табл. 4.3); $K_{МОНТ} = 1,45$ – коэффициент учитывающий стоимость монтажных работ.

Эксплуатационные затраты $S_{ЭКСП}$, руб./год, рассчитываются по формуле

$$S_{ЭКСП} = S_{ТП ГОД} + S_{ЭЛГОД}, \quad (6.3)$$

где $S_{ТП ГОД}$ – стоимость тепловых потерь за год, руб./год (см. формулы

(5.3), (5.4)); $S_{ЭЛ\text{ год}}$ – стоимость электричества на перекачку теплоносителя, руб./год (см. формулы (5.11), (5.15)).

Для сравнения вариантов используются приведенные годовые затраты Π , руб./год, рассчитываемые по формуле

$$\Pi = K * (E_H + P_A) + S_{ЭКСП} \quad (6.4)$$

где K – капитальные затраты, руб. (см. формулы (6.1), (6.2)); $E_H = 0,12$ – коэффициент эффективности капитальных вложений; $P_A = 0,08$ – доля амортизационных отчислений; $S_{ЭКСП}$ – эксплуатационные годовые затраты, руб/год, рассчитанные по формуле (6.3.) для каждого из вариантов;

Результаты расчетов по формулам (6.1) – (6.4) сводим в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Экономические показатели сравниваемых вариантов теплоснабжения

Наименование показателей	Значение показателей	
	I вариант реконструкции	II вариант реконструкции
Эксплуатационный затраты $S_{ЭКСП}$ руб/год.		
Капитальные затраты K , руб.		
Приведенные затраты Π , руб.		

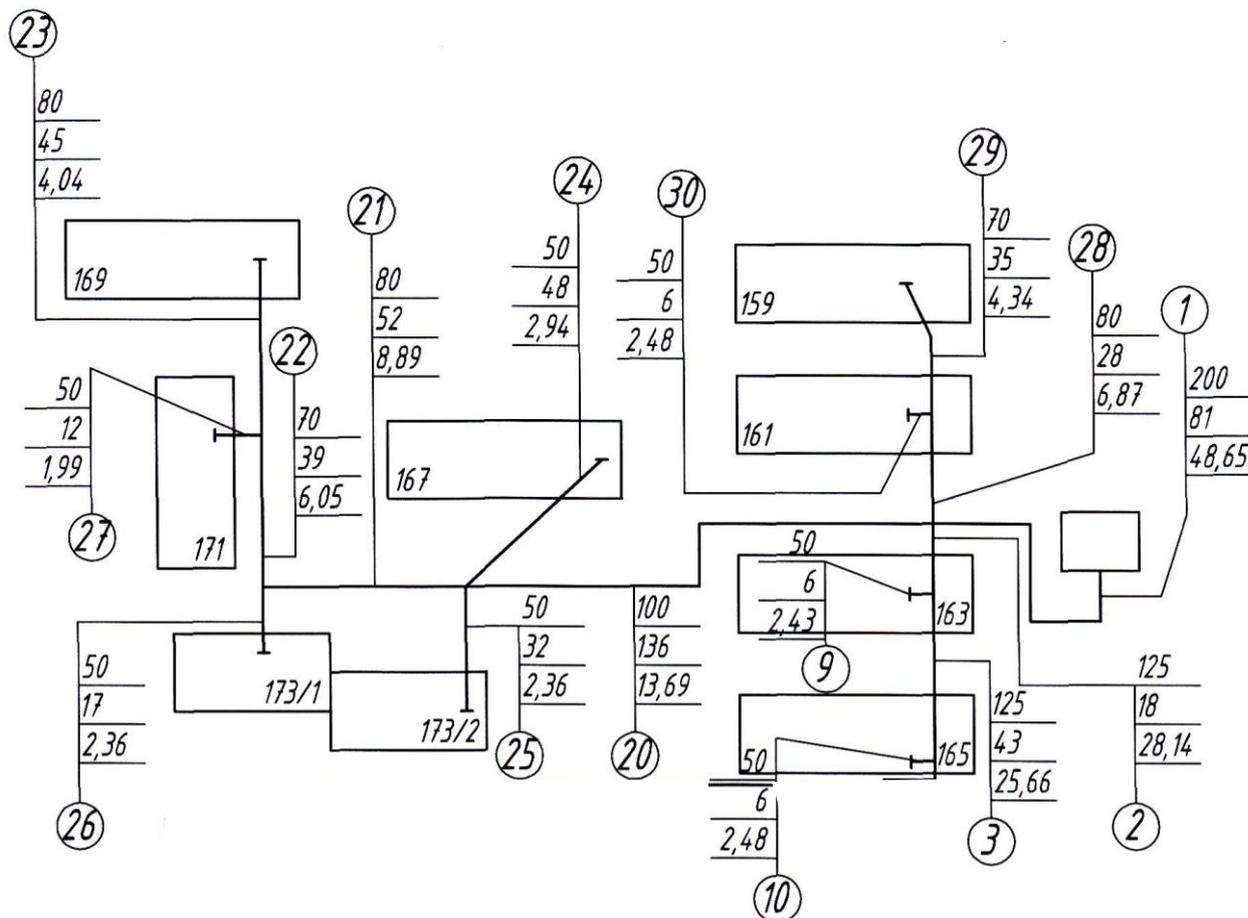
На основе сравнения приведенных затрат делается вывод о целесообразности одного из вариантов реконструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

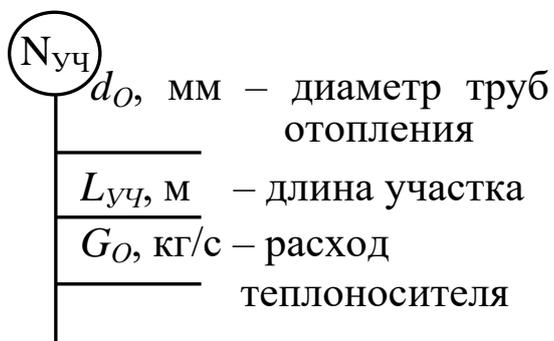
1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. - М.: Минрегион России, 2012. - 91 с.
2. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012. – 78 с.
3. ГОСТ 30732-2006 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой – Москва: Стандартинформ. – 2007. – 32. с.
4. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию под ред. Громова Н.К., Шубина Е.П. Беляйкина И.В., Витальев В.П., Громов Н.К., Иголка Л.П., Лямин А.А. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
5. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 .– М.: Минрегион России, 2012.– 43с.

Приложение А

Пример оформления расчетной схемы тепловой сети



Условные обозначения для
расчетной схемы
трубопроводов отопления



Условные обозначения для
расчетной схемы трубопроводов
горячего водоснабжения

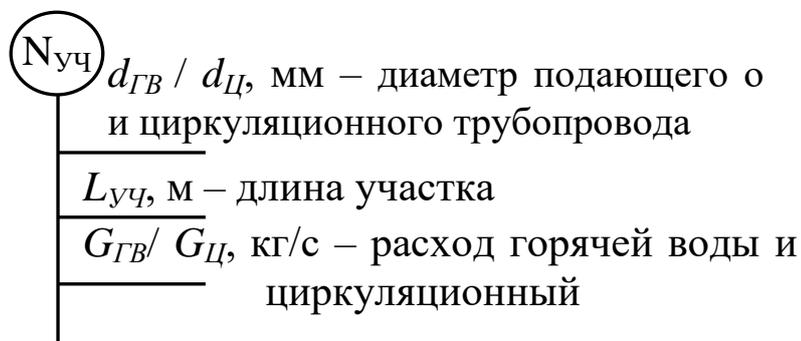


Таблица для гидравлического расчета
стальных трубопроводов тепловых сетей

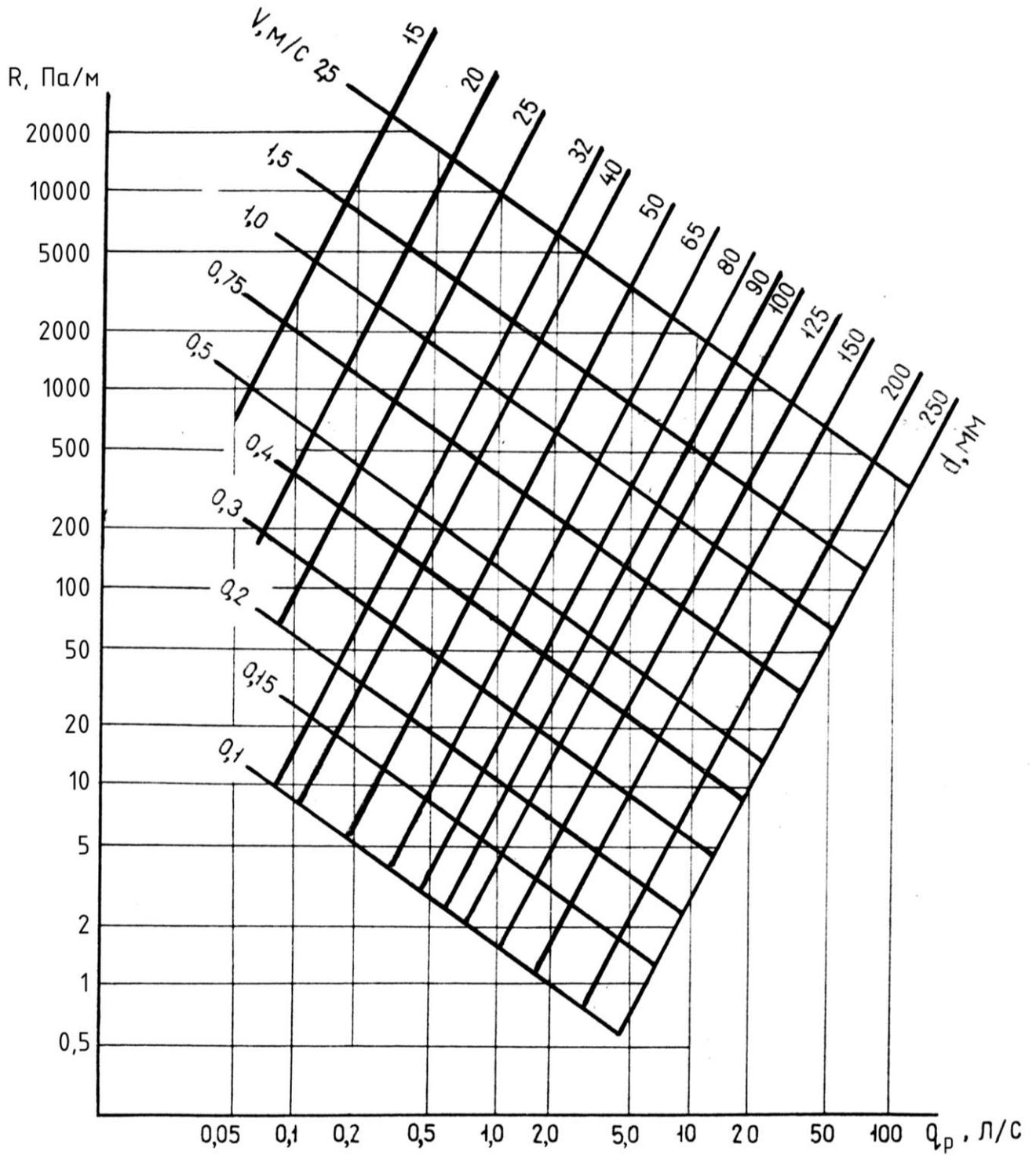
Массовые рас- ходы воды G_B , кг/с	Условный проход труб D_y , мм							Мас- совые рас- ходы воды G_B , кг/с	Условный проход труб D_y , мм												
	25		32		40		50		65		80		100		125		150		175		
	Внутренний диаметр труб $d_{вн}$, м								Внутренний диаметр труб $d_{вн}$, м												
	0,026	0,028	0,032	0,034	0,039	0,041	0,051		0,070	0,082	0,100	0,125	0,150	0,184							
0,05	7,94	5,44	—	—	—	—	—	0,50	4,29	—	—	—	—	—							
0,06	11,3	7,73	—	—	—	—	—	0,60	6,12	—	—	—	—	—							
0,07	15,2	10,4	5,26	3,97	—	—	—	0,70	8,27	—	—	—	—	—							
0,08	19,8	13,5	6,81	5,00	—	—	—	0,80	10,7	—	—	—	—	—							
0,09	24,9	17,0	8,55	6,27	—	—	—	0,90	13,5	—	—	—	—	—							
0,10	30,6	20,8	10,5	7,69	—	—	—	1,0	16,7	7,35	—	—	—	—							
0,12	43,7	29,8	15,0	10,9	5,42	4,20	—	1,2	23,9	10,5	—	—	—	—							
0,14	59,1	40,3	20,2	14,8	7,30	5,65	—	1,4	33,4	14,2	5,09	—	—	—							
0,16	77,0	52,4	26,2	19,2	9,46	7,32	—	1,6	43,7	18,5	6,61	—	—	—							
0,18	110	66,0	33,1	24,2	11,9	9,20	—	1,8	55,3	23,8	8,33	—	—	—							
0,20	136	91,5	40,7	29,7	14,6	11,3	—	2,0	68,2	29,4	10,3	—	—	—							
0,22	165	111	49,0	36,8	17,6	13,6	—	2,2	82,6	35,6	12,4	—	—	—							
0,24	196	132	58,2	42,6	20,9	16,1	5,25	2,4	98,3	42,4	14,7	—	—	—							
0,26	230	155	75,5	49,8	24,4	18,9	6,13	2,6	115	49,7	17,3	5,40	—	—							
0,28	267	179	87,5	57,6	28,3	21,8	7,08	2,8	134	57,7	20,1	6,25	—	—							
0,30	307	206	100	72,6	32,4	25,0	8,09	3,0	154	66,2	23,1	7,16	—	—							
0,32	349	234	114	82,6	36,8	28,4	9,18	3,2	175	75,3	26,3	8,13	—	—							
0,34	394	264	129	93,2	41,4	32,0	10,3	3,4	197	85,0	29,7	9,16	—	—							
0,36	442	296	145	105	46,3	35,8	11,6	3,6	221	95,3	33,3	10,2	—	—							
0,38	492	330	161	116	55,8	39,8	12,8	3,8	246	106	37,1	11,4	—	—							
0,40	545	366	179	129	61,8	44,0	14,2	4,0	273	118	41,1	12,6	4,90	—							
0,45	—	463	226	163	78,3	59,9	17,9	5	426	184	64,1	19,7	7,60	—							
0,50	—	572	279	202	96,7	74,0	22,0	6	614	265	92,4	28,3	10,8	—							
0,55	—	—	338	244	117	89,5	26,5	7	—	360	126	38,6	14,7	5,11							
0,60	—	—	402	390	139	107	31,5	8	—	470	164	50,4	19,2	6,64							
0,65	—	—	—	—	163	125	39,0	9	—	—	208	63,7	24,3	8,26							
0,70	—	—	—	—	190	145	45,2	10	—	—	257	78,7	30,0	10,2							
0,75	—	—	—	—	218	166	51,8	12	—	—	369	113	43,2	14,7							
0,80	—	—	—	—	247	189	59,0	14	—	—	503	154	58,8	20,0							
0,85	—	—	—	—	279	214	66,6	16	—	—	—	201	76,8	26,1							
0,90	—	—	—	—	313	240	74,7	18	—	—	—	255	97,2	33,0							
0,95	—	—	—	—	349	267	83,2	20	—	—	—	315	120	40,8							
1,0	—	—	—	—	387	296	92,2	22	—	—	—	381	145	49,4							
1,2	—	—	—	—	557	426	133	24	—	—	—	453	173	58,7							
1,4	—	—	—	—	—	—	181	26	—	—	—	532	203	68,9							
1,6	—	—	—	—	—	—	236	28	—	—	—	—	235	80,0							
1,8	—	—	—	—	—	—	299	30	—	—	—	—	270	91,8							
2,0	—	—	—	—	—	—	369	32	—	—	—	—	307	104							
2,2	—	—	—	—	—	—	446	34	—	—	—	—	347	118							
2,4	—	—	—	—	—	—	531	36	—	—	—	—	389	132							
								38	—	—	—	—	433	147							
								40	—	—	—	—	480	163							
								45	—	—	—	—	—	207							
								50	—	—	—	—	—	255							
								55	—	—	—	—	—	308							
								60	—	—	—	—	—	367							
								65	—	—	—	—	—	431							
								70	—	—	—	—	—	500							

Окончание прил.Б

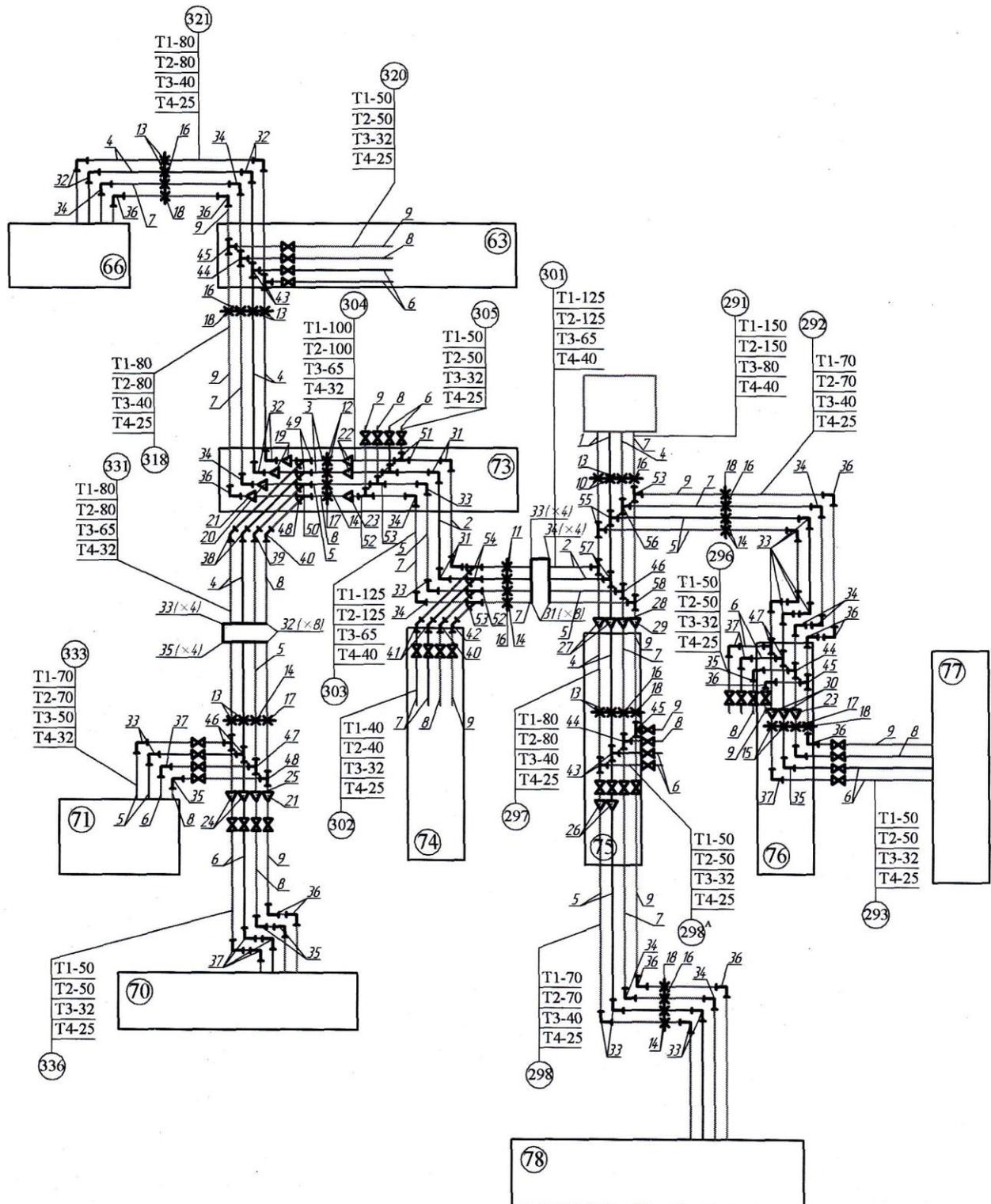
Мас- совые рас- ходы воды $G_B, \text{кг/с}$	Условный проход труб $D_y, \text{мм}$					
	200		250		300	
	Внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}, \text{м}$					
	0,207	0,211	0,259	0,263	0,309	0,315
10	5,60	5,07	—	—	—	—
12	7,89	7,13	—	—	—	—
14	10,7	9,71	—	—	—	—
16	14,0	12,7	4,41	4,08	—	—
18	17,8	16,0	5,45	5,03	—	—
20	21,9	19,8	6,73	6,21	—	—
22	26,5	24,0	8,14	7,51	—	—
24	31,6	28,5	9,69	8,95	—	—
26	37,0	33,5	11,4	10,5	—	—
28	43,0	38,8	13,2	12,2	—	—
30	49,3	44,6	15,1	14,0	5,98	5,41
35	67,1	60,7	20,6	19,0	8,14	7,36
40	87,7	79,3	26,9	24,8	10,6	9,61
45	111	100	34,1	31,4	13,5	12,2
50	137	124	42,1	38,8	16,6	15,0
55	166	150	50,9	46,9	20,1	18,2
60	197	178	60,6	55,9	23,9	21,6
65	231	209	71,1	65,6	28,1	25,4
70	268	243	82,4	76,0	32,6	29,4
75	308	279	94,6	87,3	37,4	33,8
80	351	317	108	99,3	42,5	38,4
90	444	401	136	126	53,8	48,7
100	548	495	168	155	66,5	60,1
110	—	—	204	188	80,4	72,7
120	—	—	242	223	95,7	86,5
130	—	—	284	262	112	102
140	—	—	330	304	130	118
150	—	—	379	349	150	135
160	—	—	431	397	170	154
170	—	—	486	449	192	174
180	—	—	545	502	215	194
190	—	—	—	—	240	217
200	—	—	—	—	266	240
210	—	—	—	—	293	265
220	—	—	—	—	322	291
230	—	—	—	—	352	318
240	—	—	—	—	383	346
250	—	—	—	—	415	375
260	—	—	—	—	449	406
270	—	—	—	—	484	438
280	—	—	—	—	521	471

Мас- совые рас- ходы воды $G_B, \text{кг/с}$	Условный проход труб $D_y, \text{мм}$					
	200		250		300	
	Внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}, \text{м}$					
	0,207	0,211	0,259	0,263	0,309	0,315
10	5,60	5,07	—	—	—	—
12	7,89	7,13	—	—	—	—
14	10,7	9,71	—	—	—	—
16	14,0	12,7	4,41	4,08	—	—
18	17,8	16,0	5,45	5,03	—	—
20	21,9	19,8	6,73	6,21	—	—
22	26,5	24,0	8,14	7,51	—	—
24	31,6	28,5	9,69	8,95	—	—
26	37,0	33,5	11,4	10,5	—	—
28	43,0	38,8	13,2	12,2	—	—
30	49,3	44,6	15,1	14,0	5,98	5,41
35	67,1	60,7	20,6	19,0	8,14	7,36
40	87,7	79,3	26,9	24,8	10,6	9,61
45	111	100	34,1	31,4	13,5	12,2
50	137	124	42,1	38,8	16,6	15,0
55	166	150	50,9	46,9	20,1	18,2
60	197	178	60,6	55,9	23,9	21,6
65	231	209	71,1	65,6	28,1	25,4
70	268	243	82,4	76,0	32,6	29,4
75	308	279	94,6	87,3	37,4	33,8
80	351	317	108	99,3	42,5	38,4
90	444	401	136	126	53,8	48,7
100	548	495	168	155	66,5	60,1
110	—	—	204	188	80,4	72,7
120	—	—	242	223	95,7	86,5
130	—	—	284	262	112	102
140	—	—	330	304	130	118
150	—	—	379	349	150	135
160	—	—	431	397	170	154
170	—	—	486	449	192	174
180	—	—	545	502	215	194
190	—	—	—	—	240	217
200	—	—	—	—	266	240
210	—	—	—	—	293	265
220	—	—	—	—	322	291
230	—	—	—	—	352	318
240	—	—	—	—	383	346
250	—	—	—	—	415	375
260	—	—	—	—	449	406
270	—	—	—	—	484	438
280	—	—	—	—	521	471

Номограмма
 для гидравлического расчета стальных труб с учетом зарастания
 в процессе эксплуатации для систем горячего водоснабжения

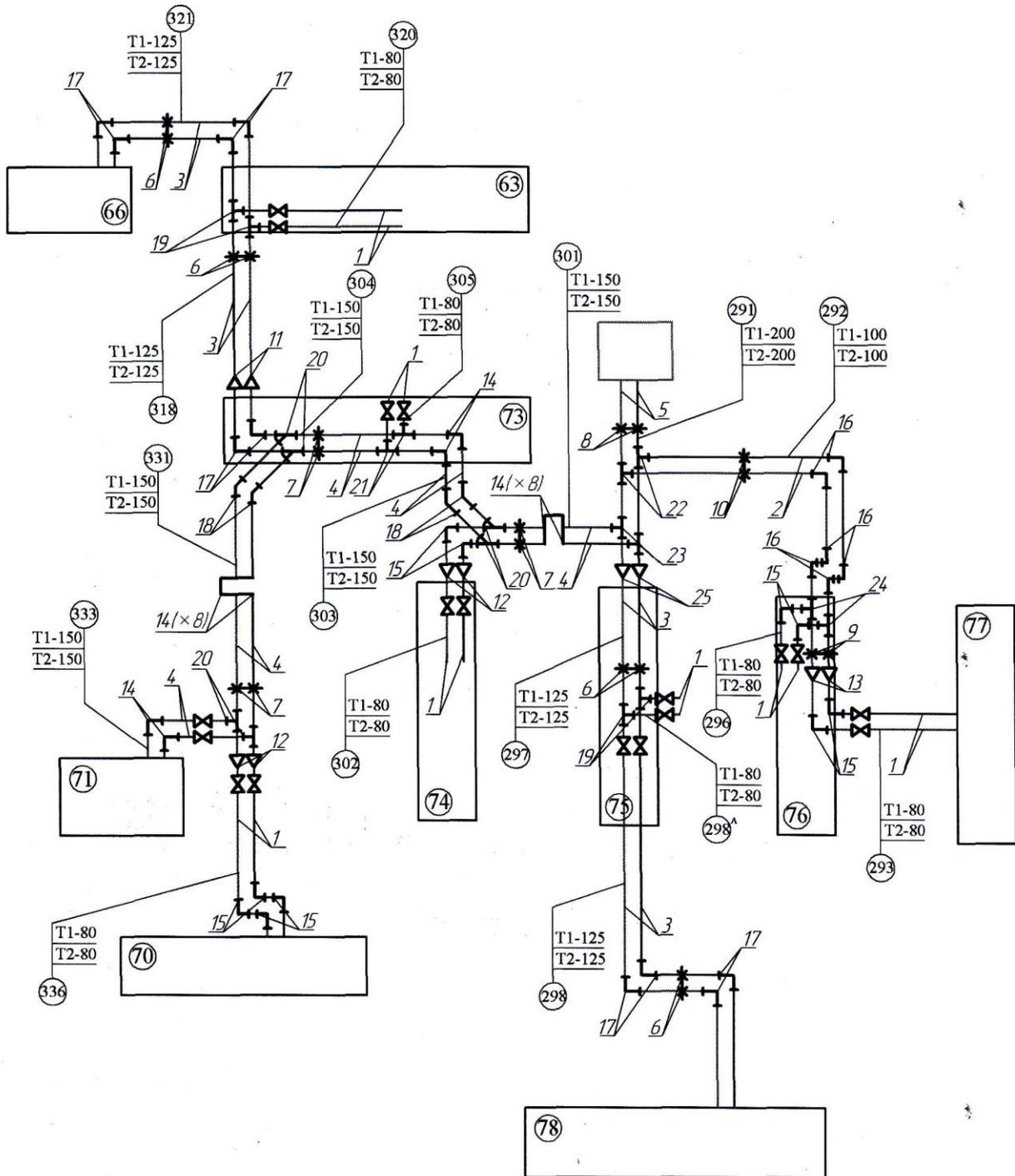


Пример оформления монтажной схемы четырехтрубной
тепловой сети



Приложение Д

Пример оформления монтажной схемы двухтрубной
тепловой сети



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	1
1.1.Климатологические данные.....	1
1.2.Характеристика системы теплоснабжения.....	2
1.3Характеристика потребителей.....	2
2. Описание вариантов реконструкции.....	3
3. Реконструкция тепловой сети.....	5
3.1. Гидравлический расчет тепловой сети для первого варианта реконструкции	5
3.2. Гидравлический расчет тепловой сети для второго варианта реконструкции	7
3.3. Разработка монтажной схемы тепловой сети.....	9
4. Реконструкция оборудования тепловых пунктов.....	10
4.1. Подбор оборудования для ЦТП (первый вариант реконструкции).....	10
4.2. Подбор оборудования для ИТП (первый вариант реконструкции).....	11
4.3. Подбор оборудования для ИТП (второй вариант реконструкции).....	12
5. Расчет эксплуатационных затрат.....	14
5.1. Расчет потерь теплоты при транспортировке теплоносителя.....	14
5.2. Расчет затрат электроэнергии на перекачку теплоносителя.....	16
6. Сравнение вариантов реконструкции системы теплоснабжения.....	19
Библиографический список	21
Приложение А Пример оформления расчетной схемы теп- ловой сети.....	22
Приложение Б Таблица для гидравлического расчета стальных трубопроводов тепловых сетей	23
Приложение В Номограмма для гидравлического расчета стальных труб с учетом зарастания в процессе эксплуатации для систем горячего водоснабжения.....	25

Приложение Г Пример оформления монтажной схемы четырёхтрубной тепловой сети	26
Приложение Д Пример оформления монтажной схемы двухтрубной тепловой сети.....	27

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА ГОРОДА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению курсового проекта для магистрантов,
обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство»
программа «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и со-
оружений» всех форм обучения*

Составитель **Кононова** Марина Сергеевна

В авторской редакции

Подписано в печать _____ 2018.
Формат 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл. печ. л. 2 Тираж _____ экз. Заказ № _____

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет
394026 Воронеж, Московский проспект, 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский проспект, 14