

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 14.09.2023 16:48:14  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064c91170c14f00c35d40c

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 12 » 9 2023 г.



### Проектирование систем теплоснабжения

Методические указания для практических занятий , курсового проектирования и самостоятельной работы студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 13.03.01, 13.04.01

УДК 697.2(07)

Составители: Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
теплогазоводоснабжения В.А. Жмакин

**Проектирование систем теплоснабжения:** методические указания для практических занятий, курсового проектирования и самостоятельной работы студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 13.03.01, 13.04.01 Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова. Курск, 2023. 38 с.: табл. 3., ил.3, прилож. 5. Библиогр.: с. 38.

Излагаются основные положения проектирования современных систем теплоснабжения, содержатся требования, предъявляемые к курсовому проекту по проектированию систем теплоснабжения, состав и содержание разделов расчетно-пояснительной записки и графической части, содержат необходимый материал для практических занятий.

Методические указания предназначены для студентов и магистров ВУЗов теплоэнергетических и строительных специальностей всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 2,00 Тираж 100 экз. Заказ 840 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Оглавление

Введение .....	4
1 Термины и определения .....	6
2. Краткие теоретические сведения.....	9
2. 1. Расчет тепловых потоков.....	9
2.2. Расчетные расходы сетевой воды и подбор сетевых насосов.....	10
2.3. ..Присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям .....	11
2.4. Гидравлический расчет тепловой сети .....	12
2.5. Изоляция теплопроводов .....	13
2.6. Пьезометрический график тепловой сети .....	14
3. Методические указания по выполнению проекта .....	16
3.1. Задание и состав курсового проекта.....	16
3.2. Расчетная часть.....	18
Библиографический список .....	31
Приложение 1 .....	33
Приложение 2 .....	35
Приложение 3 .....	36
Приложение 4 .....	37
Приложение 5 .....	38

## Введение

Современный подход к проектированию систем теплоснабжения направлен на оптимизацию капитальных затрат, обеспечению гидравлической и тепловой устойчивости, снижению потерь тепловой энергии.

Курсовой проект разрабатывают с целью систематизации и закрепления студентом теоретических знаний и приобретения им практических приемов расчета и конструирования инженерных систем.

Необходимым условием выполнения курсового проекта является формирование базовых знаний в области теоретических и практических основ проектирования современных систем теплоснабжения, развитие навыков самостоятельного ориентирования в широком круге теоретических и прикладных вопросов эксплуатации и использования тепловых сетей.

Курсовой проект выполняют в соответствии с действующими нормами на проектирование, монтаж и эксплуатацию систем теплоснабжения.

Принятые в курсовом проекте решения должны соответствовать современному уровню развития инженерных систем и требованиям нормативных документов к [1,2]:

- безопасности, надежности, а также живучести систем теплоснабжения;
- безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях;
- безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях;
- безопасности для пользователей зданиями и сооружениями;
- обеспечению энергетической эффективности;
- обеспечению энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обеспечению учета используемых энергетических ресурсов;
- обеспечению надежного теплоснабжения потребителей;

- обеспечению оптимальной работы систем теплоснабжения с учетом энергосбережения в текущем состоянии и на долгосрочную перспективу;

- обеспечению экологической безопасности.

Студент обязан самостоятельно решить основные вопросы выбора, конструирования и расчета инженерной системы. Решение согласовывается с руководителем курсового проекта. Руководитель утверждает правильные решения и отклоняет неверные, проверяет расчеты, указывает на допущенные ошибки, дает советы по их устранению.

Часть расчетов (объем и содержание оговаривается руководителем проекта) выполняется с помощью вычислительной техники по программам, разработанным на кафедре ТГВ.

Законченная работа подписывается руководителем и передается на рассмотрение комиссии кафедры, которая после защиты студентом основных положений проекта определяет качество и дает оценку работе.

Задачей студента является освоение теоретических и практических основ, позволяющих грамотно и профессионально выполнять все расчеты и принимать соответствующие решения, связанные с проектированием систем теплоснабжения

## 1. Термины и определения

**Энергосбережение** - реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии

**Энергосберегающая политика** - комплексное системное проведение на государственном уровне программы мер, направленных на создание необходимых условий организационного, материального, финансового и другого характера для рационального использования и экономного расходования ТЭР

**Теплоэнергетика** - раздел энергетики, связанный с получением, использованием и преобразованием тепла в различные виды энергии

**Теплоснабжение** - обеспечение потребителей теплом

**Централизованное теплоснабжение** - теплоснабжение потребителей от источников тепла через общую тепловую сеть

**Теплофикация** - централизованное теплоснабжение при производстве электрической энергии и тепла в едином технологическом цикле

**Потребитель тепла** - предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, квартира, у которых приемники тепла присоединены к тепловой сети и используют тепло

**Тепловая сеть** - совокупность устройств, предназначенных для передачи и распределения тепла к потребителям

**Тепловой пункт** - комплекс установок, предназначенных для преобразования и распределения тепла, поступающего из тепловой сети

**Узел ввода** – это устройство с комплектом оборудования, позволяющее осуществлять контроль параметров теплоносителя и

при необходимости осуществлять распределение потоков теплоносителя между потребителями.

**Водяная система теплоснабжения** - система теплоснабжения, в которой теплоносителем является вода

**Закрытая водяная система теплоснабжения** - водяная система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель и из сети не отбирается

**Открытая водяная система теплоснабжения** - водяная система теплоснабжения, в которой вода частично или полностью отбирается из сети потребителями тепла

**Тепловая нагрузка системы теплоснабжения** - суммарное количество тепла, получаемое от источников тепла, равное сумме теплопотреблений приемников тепла и потерь в тепловых сетях в единицу времени

**График тепловой нагрузки системы теплоснабжения** - изменение во времени тепловой нагрузки системы теплоснабжения

**Энергоноситель** - вещество в различных агрегатных состояниях, запасенная энергия которых может быть использована для целей энергоснабжения.

**Автоматизированный узел управления** - АУУ: Устройство с комплектом оборудования, устанавливаемое в месте подключения системы отопления здания или его части к распределительным тепловым сетям от центрального теплового пункта и позволяющее изменить температурный и гидравлический режимы систем отопления, обеспечить учет и регулирование расхода тепловой энергии.

**Вероятность безотказной работы системы [P]** - Способность системы не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже нормативных.

**Квартальные тепловые сети** - Распределительные тепловые сети внутри кварталов городской застройки.

**Магистральные тепловые сети** - Тепловые сети (со всеми сопутствующими конструкциями и сооружениями), транспортирующие горячую воду, пар, конденсат водяного пара, от выходной запорной арматуры (исключая ее) источника теплоты до первой запорной арматуры (включая ее) в тепловых пунктах или до первой запорной арматуры на ответвлении (включая ее).

**Ответвление** - Участок тепловой сети, непосредственно присоединяющий тепловой пункт к магистральным тепловым сетям или отдельное здание и сооружение к распределительным тепловым сетям и не имеющий других ответвлений.

**Полупроходной канал** - Протяженное подземное сооружение с высотой прохода в свету от 1,5 до 1,8 м и шириной прохода между изолированными трубопроводами не менее 600 мм, предназначенное для прокладки тепловых сетей без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

**Проходной канал** - Протяженное подземное сооружение с высотой прохода в свету не менее 1,8 м и шириной прохода между изолированными трубопроводами, равной  $D_n + 100$  мм, но не менее 700 мм, предназначенное для прокладки тепловых сетей без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

**Распределительные тепловые сети** - Наружные тепловые сети от тепловых пунктов до зданий, сооружений, в том числе от центрального теплового пункта до индивидуального теплового пункта.

**Система централизованного теплоснабжения** - СЦТ: Система, состоящая из одного или нескольких источников теплоты, тепловых сетей (независимо от диаметра, числа и протяженности наружных теплопроводов) и потребителей теплоты.

**Срок службы тепловых сетей** - Период времени в календарных годах со дня ввода в эксплуатацию, по истечении которого следует провести экспертное обследование технического



состояния трубопровода в целях определения допустимости, параметров и условий дальнейшей эксплуатации трубопровода или необходимости его демонтажа.

**Тепловой пункт:** Сооружение с комплектом оборудования, позволяющее изменить температурный и гидравлический режимы теплоносителя, обеспечить учет и регулирование расхода тепловой энергии и теплоносителя.

**Тоннель:** Протяженное подземное сооружение с высотой прохода в свету не менее 1,8 м, предназначенное для прокладки тепловых сетей, отдельно или совместно с другими сетями инженерно-технического обеспечения.

**Транзитная тепловая сеть:** Тепловая сеть, проходящая по земельному участку и (или) через здание, но не имеющая ответвлений для присоединения теплопотребляющих установок на таком земельном участке или в здании.

## 2 Краткие теоретические сведения

### 2.1. Расчет тепловых потоков

Максимальные потоки теплоты на отопление  $Q_{o\max}$  и вентиляцию  $Q_{v\max}$ , Вт жилых и общественных зданий следует определять по укрупненным показателям в зависимости от величины общей площади жилых зданий кварталов А в соответствии с [5].

Средний за отопительный период тепловой поток на горячее водоснабжение  $Q_{hm}$  рассчитывают в зависимости от числа жителей  $m$ , принимая норму расхода горячей воды на одного человека в сутки  $a=105$ л.

Помимо  $Q_{hm}$  следует определить также максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий  $Q_{h\max}$ .

Суммарную тепловую нагрузку кварталов (при наличии в ЦТП баков-аккумуляторов горячей воды) следует определять по формуле:

$$Q=Q_{o\max}+Q_{v\max}+Q_{hm}.$$

## 2.2. Расчетные расходы сетевой воды и подбор сетевых насосов

Для выполнения гидравлического расчета системы теплоснабжения необходимо знание расходов сетевой воды, которые в распределительных сетях складываются из составляющих, обусловленных соответствующими видами теплопотребления. Наиболее просто суммарные расходы  $G_d$ , кг/с определяются в случае регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, когда [5]

$$G_d = G_{o \max} + G_{v \max},$$

где  $G_{o \max}$  и  $G_{v \max}$  - расчетные расходы воды на отопление и вентиляцию соответственно, кг/с. Значение  $G_{o \max}$  и  $G_{v \max}$  для каждого квартала рассчитывают по формуле

$$G_{o(v)\max} = Q_{o(v)\max} / [c(\tau_{1\min} - \tau_{2\min})],$$

где  $c$  - теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4187 Дж/(кг·°С). Индексы "о" и "v" относятся к расходу воды и нагрузке на отопление и вентиляцию соответственно.

Знание суммарного расхода теплоносителя  $G_d = \sum G_{di}$  позволяет выбрать сетевой насос системы теплоснабжения. Его подбор (типа СЭ или СД для воды с температурой до 180°С) выполняют по характеристикам таким образом, чтобы требуемый расход воды соответствовал рабочей части характеристики. При возможности использования различных типоразмеров предпочтение следует отдавать насосу с умеренными (до 100 м в.ст.) напорами.

По линии статического напора  $H_s$ , выбирают подпиточный насос. Подачу (производительность) насоса  $G_{пн}$  согласно [5] следует принимать равной расходу воды на компенсацию утечек из тепловой сети для закрытой системы теплоснабжения, а для открытой – сумме расчетного расхода воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 и расхода воды на компенсацию утечек.

В соответствии с [5] расчетная утечка должна приниматься 0,75% суммарного объема воды  $V$ , м<sup>3</sup> в трубопроводах и

оборудовании систем теплоснабжения, который при отсутствии данных допускается оценивать в размере  $65 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ МВт}$  суммарной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения и  $70 \text{ м}^3$  – при открытой.

По расходу воды подбирают подпиточный насос с напором  $H_{\text{пн}}$ , равным или ближайшим большим  $H_{\text{с}}$ . Если напор выбранного насоса отличается от предварительно определенного статического напора, то положение s-s следует уточнить.

### **2.3. Присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям [6]**

Подключение систем потребления тепловой энергии зданий к тепловым сетям без устройства теплового пункта с автоматикой регулирования подачи тепла не допускается.

Оборудование теплового пункта следует подбирать с учетом гидравлического режима работы тепловых сетей (пьезометрического графика), графика изменения температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

При наличии в здании нескольких разных систем потребления тепловой энергии рекомендуется присоединять их к оборудованию ЦТП/ИТП по отдельности.

При присоединении нескольких разных систем потребления через общие водоподогреватели необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению у них расчетного теплового и гидравлического режима, включая:

- установку регуляторов подачи тепла на отопление для поддержания заданных графиков изменения температуры циркулирующего в системе теплоносителя;
- применение циркуляционных насосов с частотным регулированием с поддержанием заданного постоянного перепада давления в сети в сочетании с установкой балансировочных клапанов на системы;
- проверку режима работы циркуляционных насосов для всех характерных режимов в течение суток (отключение части систем).

Для многоквартирных жилых зданий следует предусматривать отдельные контуры систем теплоснабжения на жилую и нежилую части здания.

Системы внутреннего теплоснабжения жилых и общественных зданий следует присоединять по независимой схеме.

Системы внутреннего теплоснабжения допускается присоединять по зависимой схеме:

- при централизованном теплоснабжении производственных и административно-бытовых зданий;
- при теплоснабжении зданий от автономного источника теплоты.

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха промышленных предприятий допускается присоединять по зависимой схеме (непосредственно) - когда не требуется изменения расчетных параметров теплоносителя по [12].

Возможно применение других схем подключения по особенностям существующих систем теплоснабжения.

## 2.4. Гидравлический расчёт тепловой сети

Технико-экономический расчёт теплопроводов связан с гидравлическим расчётом и позволяет по формулам гидравлики рассчитать диаметры всех элементов тепловой сети. От принятых диаметров элементов тепловой сети зависят гидравлические потери в них. Чем меньше диаметр, тем больше потери, т.е. со снижением стоимости системы за счёт уменьшения диаметров, растёт напор, который развивают насосы с затратой дополнительной энергии. Существуют оптимальные значения диаметров, при которых суммарная стоимость сети будет минимальной.

При гидравлическом расчёте определяют диаметры всех участков теплопроводов, оборудования и запорно-регулирующей арматуры, а также потери давления теплоносителя на всех элементах сети. Диаметры труб и потери давления на трение (линейные потери) определяют по формуле Дарси

$$\Delta P_{\text{т}} = \lambda(l/d)(\omega^2/2)\rho$$

Расчёт ведут в следующем порядке:

1) Сначала рассчитывают основную магистраль. Диаметр подбирают по среднему гидравлическому уклону, принимая удельные потери давления на трение до 80 Па/м, что даёт решение близкое к экономически оптимальному. При определении диаметров труб принимают значение  $K_{\xi}$  равное 0.0005 м и скорость движения теплоносителя не более 3.5 м/с;

2) После определения диаметров участков тепломагистрали подсчитывают для каждого участка сумму коэффициентов местных сопротивлений, используя схему тепловой сети, данные по расположению задвижек, компенсаторов и других сопротивлений и значения коэффициентов местных сопротивлений  $\xi$ . Для каждого участка находят эквивалентную местным сопротивлениям длину при  $\sum \xi = 1$  и рассчитывают эквивалентную длину  $L_{\xi}$  для этого участка. После определения  $L_{\xi}$  заканчивают расчёт тепломагистрали и определяют потери напора в ней. Исходя из потерь напора в подающей и обратной линиях и необходимого располагаемого напора в конце магистрали, который назначают с учётом гидравлической устойчивости система определяют необходимый располагаемый напор на выводных коллекторах источника тепла;

3) Рассчитывают ответвления, используя оставшийся напор, при условии, чтобы в конце каждого ответвления сохранялся необходимый располагаемый напор и удельные потери давления на трение не превышали 300 Па/м. Эквивалентные длины и потери напора на участках определяют аналогично их определению для основной магистрали.

## 2.5. Изоляция теплопроводов

Выбор материалов и изделий для основного и покровного слоев изоляционных конструкций тепловых сетей следует выполнять с учетом способа прокладки и условного прохода трубопроводов [10].

После подбора материалов задача заключается в определении требуемой толщины основного слоя конструкции (тепловой изоляции), а затем и типоразмера изделия из ряда, выпускаемых промышленностью (как для подающего, так и обратного

теплопроводов). Размеры, в том числе толщина  $\delta$  изделий, определены соответствующими стандартами или ТУ.

При возможности выбора предпочтение следует отдавать изделиям с большим сортаментом толщин, а также с меньшим минимальным значением  $\delta$  (при необходимости допускается изоляция в 2 слоя). Следует иметь в виду, что толщина изоляционной конструкции (включая защитное покрытие, толщина которого обычно не более 5 мм, за исключением покрытия из асбоцементной штукатурки) не должна превышать предельных значений, определенных [10] в зависимости от  $D_y$  трубопровода.

## 2.6. Пьезометрический график тепловой сети

Построение графика начинают с нанесения в выбранном масштабе рельефа местности по разрезу вдоль соответствующей тепловой трассы и высоты зданий присоединяемых кварталов.

На вертикальной оси пьезометра в одинаковом масштабе откладывают геодезические отметки в метрах и напоры теплоносители в трубопроводах сети Н, м в.ст.

За линию отсчета напоров (0-0) принимают уровень оси всасывающего патрубка сетевого насоса (в курсовом проекте – геодезическая отметка источника теплоты). Ось трубопроводов, в виду малого заглубления, условно совмещают с поверхностью земли.

Далее следует определить положение линии статического напора (s-s), величина которого выбирается из двух условий: заполнение сетевой водой по возможности всех абонентских систем отопления, для чего линия s-s должна проходить выше самого высокого потребителя (с запасом  $\approx 5$  м в.ст.), и непревышение давления на нагревательные приборы систем отопления допустимого.

Ориентировочно определив положение линии статического напора, следует выбрать подпиточный насос. Подачу (производительность) насоса  $G_{пн}$  согласно [5] следует принимать равной расходу воды на компенсацию утечек из тепловой сети для закрытой системы теплоснабжения, а для открытой – сумме

расчетного расхода воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 и расхода воды на компенсацию утечек.

В соответствии с [5] расчетная утечка должна приниматься 0,75% суммарного объема воды  $V$ ,  $\text{м}^3$  в трубопроводах и оборудовании систем теплоснабжения, который при отсутствии данных допускается оценивать в размере  $65 \text{ м}^3$  на 1 МВт суммарной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения и  $70 \text{ м}^3$  – при открытой.

По расходу воды подбирают подпиточный насос с напором  $H_{\text{пн}}$ , равным или ближайшим большим  $H_{\text{с}}$ . Если напор выбранного насоса отличается от предварительно определенного статического напора, то положение s-s следует уточнить.

Затем производят построение пьезометрической линии обратной линии тепловой сети в динамическом режиме.

При этом основная задача заключается в определении наинизшей точки пьезометра, соответствующей напору на всасывании сетевого насоса  $H_{\text{вс}}$ . В качестве первого приближения можно принять  $H_{\text{вс}}=H_{\text{с}}$ .

Откладывая от этой точки потери напора в обратном трубопроводе источника теплоты ( $\approx 5 \text{ м в.ст.}$ ), а затем тепловой сети (по результатам гидравлического расчета), получают пьезометр для обратного трубопровода.

Затем следует проанализировать возможность уменьшения напоров в обратном трубопроводе путем перемещения полученной пьезометрической линии вниз параллельно самой себе с соблюдением всех необходимых требований [5].

После окончательного определения уровня обратного пьезометра от точки, соответствующей абсциссе конечного ЦТП откладывают вертикальный отрезок, равный принятому при выполнении гидравлического расчета, располагаемому напору  $H_{\text{цтп}}$ , а затем строят пьезометрическую линию подающего трубопровода, напоры в котором также должны соответствовать ряду требований (см. выше указанные источники).

На графике необходимо отразить также невозможность вскипания воды при температурах  $>100^\circ\text{C}$ .

### **3. Методические указания по выполнению проекта**

#### **3.1. Задание и состав курсового проекта**

В процессе выполнения курсового проекта необходимо разработать водяную, централизованную систему теплоснабжения района города от ТЭЦ. Исходными данными для проектирования являются:

1. Место строительства (географический пункт).
2. Тип системы теплоснабжения.
3. Расчетные температуры сетевой воды.
4. Генплан района города.
5. Местоположение источника теплоты.
6. Рельеф местности.
7. Способ прокладки тепловых сетей.

Исходные данные выдаются каждому студенту руководителем курсового проектирования индивидуально. Варианты генплана и местоположения ТЭЦ принимаются (по номеру, определенному преподавателем), по приложениям 1 и 2 соответственно. Там же (приложение 2) показан рельеф местности в виде горизонталей (через 2,5 м и перепада высот).

Недостающие для проектирования данные выбираются студентами самостоятельно (с соответствующим обоснованием).

Выполненный курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки (текстовый документ) и графической части. Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников.

Основная часть пояснительной записки включает следующие разделы:

1. Характеристика района строительства.



2. Расчет тепловых потоков.
3. Регулирование отпуска теплоты и присоединение потребителей к тепловой сети.
4. Расчетные расходы сетевой воды и подбор сетевого насоса.
5. Гидравлический расчет тепловой сети.
6. Пьезометрический график тепловой сети.
7. Элементы тепловой сети.
8. Продольный профиль тепловой сети.
9. Изоляция теплопроводов.

В пояснительной записке приводятся следующие графики и схемы:

- схема теплового пункта;
- график температур сетевой воды;
- расчетная схема тепловой сети (к гидравлическому расчету);
- пьезометрический график тепловой сети;
- расчетная схема к определению нагрузки на неподвижную опору;
- эскизы элементов сети (при необходимости);
- расчетная схема к расчету тепловой изоляции.

При выполнении расчетов на ЭВМ в записке должны быть представлены краткое описание алгоритма и распечатка с результатами расчета.

Графическая часть курсового проекта выполняется на двух листах формата А1, на которых должны быть представлены:

- ситуационный план района застройки с трассой тепловой сети;
- план, профиль и схема участка тепловой сети;
- план и разрезы узла трубопроводов;
- поперечные разрезы сети;
- конструктивные элементы сети и элементы прокладки.

Курсовой проект оформляется в соответствии с принятыми на данный момент в вузе нормативными документами.

Графическая часть должна соответствовать требованиям [1]. Примеры выполнения чертежей представлены на планшетах кафедры ТГВ.

### 3.2. Расчетная часть

Следует дать краткую характеристику района города, подлежащего теплоснабжению. Указываются следующие сведения:

- название города (географического пункта), район которого подлежит теплоснабжению;
- количество кварталов (микрорайонов);
- этажность застройки кварталов;
- плотность населения на 1 га;
- площадь кварталов в гектарах;
- общая площадь жилых зданий кварталов в м<sup>2</sup>;
- количество жителей;
- максимальный перепад рельефа местности.

Этажность застройки кварталов выбирают в зависимости от общего числа жителей данного населенного пункта. При этом для крупнейших городов (число жителей >500тыс.чел.) следует принимать застройку в 9 и более этажей, для крупных (>250 тыс.чел.) 5 и более, для остальных – до 5.

Плотность населения  $P$  выбирают в зависимости от климатического района территории застройки по [7].

Площади кварталов  $f$  определяют их обмером на генеральном плане, который рекомендуется предварительно вычертить в укрупненном, например 1:5000 масштабе (рабочий генплан, используемый в дальнейшем для проектирования). Жилые кварталы на плане нумеруют (слева направо, сверху вниз); обмер выполняют с точностью 0,1 га.

Число жителей каждого квартала  $m$  оценивают, как произведение плотности населения  $P$  на  $f$ . Тогда, общая площадь жилых зданий кварталов  $A$  может быть определена умножением  $m$  на норму этой площади, отнесенную к одному жителю, которую при отсутствии конкретных данных следует принимать 18 м<sup>2</sup>.

Результаты определения вышеуказанных величин сводят в таблицу 1.

Таблица 1- Характеристика района города

Номер квартала	Площадь квартала $f$ , га	Общая площадь $A$ , м <sup>2</sup>	Число жителей $m$
1			
2			
...			
20			
ИТОГО:			

Максимальный перепад рельефа местности определяют как наибольшую разность отметок горизонталей в пределах застройки района.

В данном разделе проекта следует привести также все необходимые для проектирования климатические параметры района строительства.

Для определения расходов теплоты требуется знание расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления  $t_o$ , которая принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки [8].

Следует выписать среднюю температуру наружного воздуха за отопительный период (период со среднесуточной температурой  $\leq 8^\circ\text{C}$ )  $t_{om}$ , среднегодовую температуру воздуха  $t_{um}$  и продолжительность отопительного периода  $n_o$ , сут. [8].

Для проектирования системы теплоснабжения необходимо определить расчетные потоки теплоты на отдельные виды теплопотребления жилых и общественных зданий района застройки (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение), а также суммарную тепловую нагрузку.

В курсовом проекте необходимо привести пример расчета тепловых потоков для одного из кварталов района. Результаты расчетов для всех кварталов сводят в таблицу 2 (с точностью до 10 Вт).

Таблица 2- Расчетные тепловые потоки

№квартала	Тепловые потоки, Вт				
	$Q_{omax}$	$Q_{vmax}$	$Q_{hm}$	$Q_{hmax}$	$Q$
1					
2					
...					
20					
ИТОГО:					

Вопросы выбора способа центрального регулирования отпуска теплоты и присоединения потребителей к тепловой сети в определенной степени взаимосвязаны, поэтому их целесообразно рассматривать совместно.

Согласно [5] для водяных тепловых сетей следует, как правило, принимать качественное регулирование отпуска теплоты путем изменения (на источнике) температуры сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха. При этом, в случае преобладающей жилищно-коммунальной тепловой нагрузки (более 65%) качественное регулирование должно осуществляться по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный график температур) не зависимо от типа системы теплоснабжения.

Что касается присоединения потребителей к тепловой сети, то при его выборе необходимо учитывать особенности, обусловленные типом системы теплоснабжения.

В настоящее время в микрорайонах, как правило, предусматривается сооружение центральных тепловых пунктов (ЦТП), в которых устанавливаются подогреватели горячего водоснабжения.

Согласно [5] присоединение водоподогревателей к тепловой сети при соотношении максимальных тепловых потоков на горячее водоснабжение и на отопление  $Q_{hmax} / (Q_{omax} + Q_{vmax}) = 0,2...1,0$  следует принимать по двухступенчатой схеме, при прочих соотношениях – по одноступенчатой параллельной.

Последнее характерно лишь для отдельных потребителей с очень малой или, наоборот, очень большой нагрузкой горячего водоснабжения.

Поэтому в типовых ЦТП жилых районов используется, в основном, двухступенчатое присоединение подогревателей [6].

После выбора способа регулирования и схемы присоединения потребителей в данном разделе необходимо также выполнить расчет и построить график температур сетевой воды в подающем  $\tau_1$  и обратном  $\tau_2$  трубопроводах тепловой сети от температуры наружного воздуха  $t$ . Как следует из сказанного выше, речь идет о построении повышенного графика температур (для открытых систем теплоснабжения в литературе можно встретить название – скорректированный график).

Независимо от типа системы теплоснабжения, построение графика качественного регулирования отпуска теплоты начинают с отопительно-бытового графика, который представляет собой зависимости температур сетевой воды в случае, регулирования по нагрузке отопления.

Для выполнения гидравлического расчета системы теплоснабжения необходимо знание расходов сетевой воды, которые в распределительных сетях складываются из составляющих, обусловленных соответствующими видами теплопотребления.

Наиболее просто суммарные расходы  $G_d$ , кг/с определяются в случае регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, когда [5]

$$G_d = G_{o \max} + G_{v \max},$$

где  $G_{o \max}$  и  $G_{v \max}$  - расчетные расходы воды на отопление и вентиляцию соответственно, кг/с. Значение  $G_{o \max}$  и  $G_{v \max}$  для каждого квартала рассчитывают по формуле

$$G_{o(v)\max} = Q_{o(v)\max} / [c(\tau_{1\min} - \tau_{2o\min})],$$

где  $c$  - теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4187 Дж/(кг·°С). Индексы "о" и "v" относятся к расходу воды и нагрузке на отопление и вентиляцию соответственно.

Результаты расчета расходов сетевой воды для кварталов следует представить в табличной форме таблице 3.

Таблица 3- Расчетные расходы сетевой воды

№ квартала	Расходы воды, кг/с		
	$G_{o \max}$	$G_{b \max}$	$G_d$
1			
2			
...			
20			
Итого			

Знание суммарного расхода теплоносителя  $G_d = \sum G_{di}$  позволяет выбрать сетевой насос системы теплоснабжения. Его подбор (типа СЭ или СД для воды с температурой до 180°C) выполняют по характеристикам [8] таким образом, чтобы требуемый расход воды соответствовал рабочей части характеристики.

При возможности использования различных типоразмеров предпочтение следует отдавать насосу с умеренными (до 100 м в.ст.) напорами. В записке следует привести подробную характеристику выбранного насоса, а также напор, развиваемый им при суммарном расходе сетевой воды  $G_d$ .

Перед проведением гидравлического расчета на рабочий генплан следует нанести трассу тепловой сети.

В задании на курсовой проект отсутствуют сведения о существующих сооружениях, коммуникациях и естественных препятствиях.

Поэтому основными критериями, которыми следует руководствоваться при выборе трассы сети являются экономичность и надежность системы теплоснабжения, а следовательно, наименьшая длина и количество инженерных сооружений сети (камеры, ниши и т.д.).

Тепловая сеть может состоять из 1-2-х магистралей и распределительных теплопроводов (ответвлений). Повороты трассы выполняются с внутренним углом не менее 90°. Основные рекомендации по трассировке сети содержатся в [5].

На основании трассы сети составляют ее расчетную схему, а затем выполняют гидравлический расчет в соответствии с положениями [15].

В курсовом проекте допускается использовать методику и алгоритм расчета, основанные на предположении о равномерных потерях давления в главной магистрали сети.

В расчетно-пояснительной записке следует привести краткое описание алгоритма, структурную блок-схему и результаты расчета с помощью ЭВМ (диаметры ответвлений подбираются "вручную").

В курсовом проекте следует построить графики главных магистралей и рассчитываемых ответвлений.

Построение графика начинают с нанесения в выбранном масштабе рельефа местности по разрезу вдоль соответствующей тепловой трассы и высоты зданий присоединяемых кварталов (по преимущественной этажности застройки).

Для всех ответвлений, кроме рассчитываемых допускается присоединение зданий показывать в узлах трубопроводов магистрали, но с учетом геодезических отметок местности присоединяемых кварталов.

Длину расчетных ответвлений – измерять по плану, примерно, до центра кварталов.

На вертикальной оси пьезометра в одинаковом масштабе откладывают геодезические отметки в метрах и напоры теплоносители в трубопроводах сети Н, м в.ст.

За линию отсчета напоров (0-0) принимают уровень оси всасывающего патрубка сетевого насоса (в курсовом проекте – геодезическая отметка источника теплоты).

Ось трубопроводов, в виду малого заглубления, условно совмещают с поверхностью земли.

Далее следует определить положение линии статического напора (s-s), величина которого выбирается из двух условий: заполнение сетевой водой по возможности всех абонентских систем отопления, для чего линия s-s должна проходить выше самого высокого потребителя (с запасом  $\approx 5$  м в.ст.), и непревышение давления на нагревательные приборы систем отопления допустимого.

Ориентировочно определив положение линии статического напора, следует выбрать подпиточный насос. Подачу (производительность) насоса  $G_{\text{пн}}$  согласно [5] следует принимать равной расходу воды на компенсацию утечек из тепловой сети для закрытой системы теплоснабжения, а для открытой – сумме расчетного расхода воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 и расхода воды на компенсацию утечек.

В соответствии с [5] расчетная утечка должна приниматься 0,75% суммарного объема воды  $V$ ,  $\text{м}^3$  в трубопроводах и оборудовании систем теплоснабжения, который при отсутствии данных допускается оценивать в размере  $65 \text{ м}^3$  на 1 МВт суммарной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения и  $70 \text{ м}^3$  – при открытой.

По расходу воды подбирают подпиточный насос с напором  $H_{\text{пн}}$ , равным или ближайшим большим  $H_{\text{с}}$ . Если напор выбранного насоса отличается от предварительно определенного статического напора, то положение s-s следует уточнить.

Затем производят построение пьезометрической линии обратной линии тепловой сети в динамическом режиме.

При этом основная задача заключается в определении наименьшей точки пьезометра, соответствующей напору на всасывании сетевого насоса  $H_{\text{вс}}$ .

В качестве первого приближения можно принять  $H_{\text{вс}}=H_{\text{с}}$ . Откладывая от этой точки потери напора в обратном трубопроводе источника теплоты ( $\approx 5$  м в.ст.), а затем тепловой сети (по результатам гидравлического расчета), получают пьезометр для обратного трубопровода.

Затем следует проанализировать возможность уменьшения напоров в обратном трубопроводе путем перемещения полученной пьезометрической линии вниз параллельно самой себе с соблюдением всех необходимых требований [4].

Как правило,  $H_{\text{вс}}$  находится в пределах 10-30 м в.ст. (необходимо обратить внимание на допустимый кавитационный запас выбранного сетевого насоса!).

После окончательного определения уровня обратного пьезометра от точки, соответствующей абсциссе конечного ЦТП откладывают вертикальный отрезок, равный принятому при



выполнении гидравлического расчета, располагаемому напору  $H_{цтп}$ , а затем строят пьезометрическую линию подающего трубопровода, напоры в котором также должны соответствовать ряду требований (см. выше указанные источники).

На графике необходимо отразить также невозможность вскипания воды при температурах  $>100^{\circ}\text{C}$ .

Пример пьезометрического графика показан на рис.2. (вспомогательные для построения линии в курсовом проекте не показывают).

В разделе «Элементы тепловой сети» следует выбрать конструктивные элементы и элементы прокладки тепловой сети для узла трубопроводов с расчетными ответвлениями и примыкающих к нему участков сети. В пояснительной записке необходимо кратко обосновать выбор тех или иных элементов, а в ряде случаев выполнить соответствующий расчет.

Итогом раздела должна быть спецификация оборудования с указанием требуемого на рассматриваемом участке сети количества элементов по ГОСТ 21.110-82.

При подборе элементов следует, прежде всего, руководствоваться требованиями [5] и другими источниками.

На участках сети, примыкающих к узлу трубопроводов, необходимо выбрать: трубы, отводы (для углов поворота, если они имеются, и для П-образных компенсаторов), компенсаторы, подвижные и неподвижные опоры, каналы.

Основные критерии – рабочие давление и температура и условный проход; расчет труб на прочность в курсовом проекте не требуется.

При наличии на участке угла поворота, используемого для самокомпенсации температурных удлинений, приемлемость выбранного отвода, а также принятых ранее расстояний от угла до ближайших неподвижных опор следует проверить расчетом.

Расчет заключается в определении максимального напряжения изгиба  $\sigma_x$  и сравнения его с нормативным значением. Кроме того, определяются силы упругого отпора  $P_x$  и  $P_y$ , знание которых необходимо для подбора неподвижных опор. При этом температурные удлинения плеч угла поворота необходимо определить в соответствии с [15].

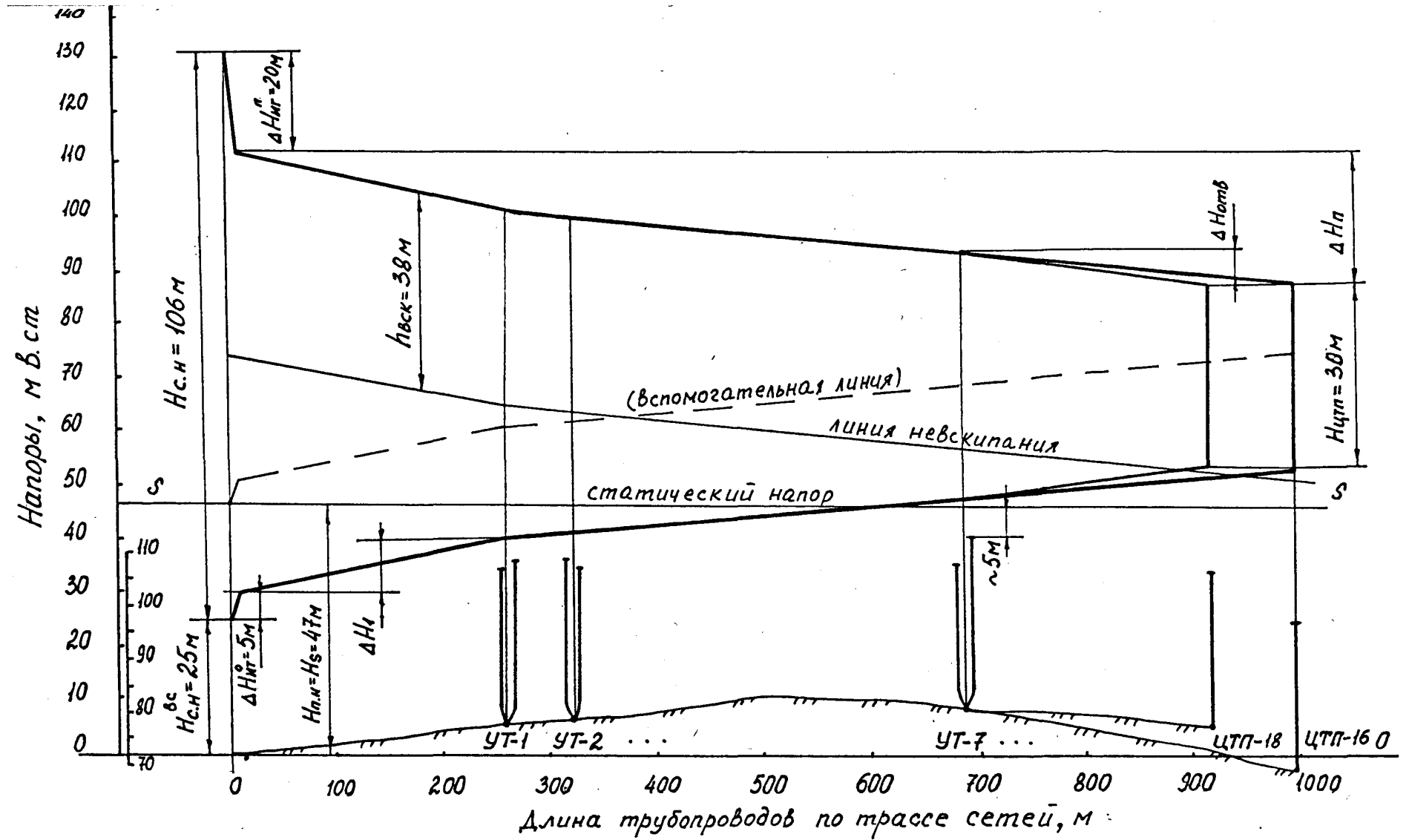


Рис. 2. Пьезометрический график тепловой сети

Аналогичные расчеты выполняются и для П-образных компенсаторов.

Типы подвижных опор приведены [15]. Для определения их количества на участках необходимо знать длину пролета между опорами  $l$ , которая в общем случае находится расчетом трубопроводов на весовые нагрузки. В курсовом проекте допускается использовать рекомендуемые значения  $l$  [15] без расчета.

Следует иметь в виду, что на участках, прилегающих к компенсаторам, устанавливают опоры нормальной длины, а укороченные – у неподвижных опор. Что касается высоты опор, то она уточняется после определения толщины изоляции.

Для выбора неподвижных опор (обозначения опор по серии 4.903-10 вып.4. в [15]) необходимо знание горизонтальной нагрузки, действующей на опору.

Расчет нагрузок регламентирован [5].

Для наиболее типичного случая (рис. 3, сальниковые компенсаторы не используются) суммарная осевая нагрузка определится, как

$$P = S_1 - 0,7S_2 = \mu g (m_1L_1 - 0,7m_2L_2) + (P_{x1} - 0,7P_{x2}),$$

где  $m_1, m_2$  – масса 1 м трубопровода (диаметром  $D_1$  и  $D_2$ ) в рабочем состоянии, включающая массу трубы, теплоизоляционной конструкции и воды, кг/м<sup>3</sup> (допускается принимать по [16]);

$\mu$  – коэффициент трения в подвижных опорах [5];

$P_{x1}, P_{x2}$  – силы упругого отпора П-образных компенсаторов на участках 1 и 2 соответственно, Н. Остальные обозначения понятны из рисунка.

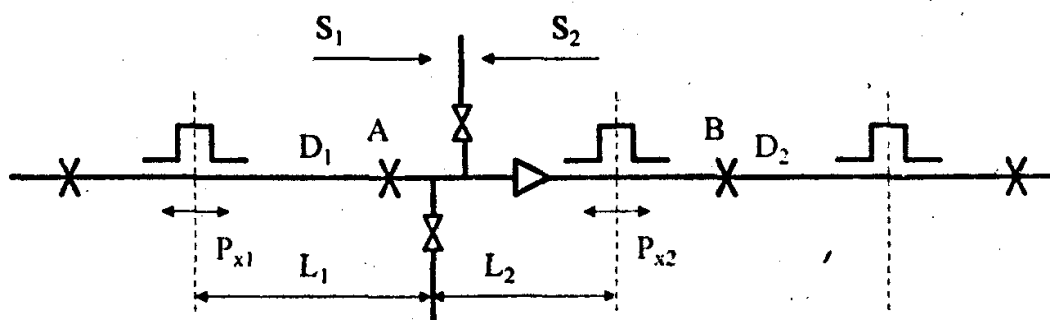


Рис. 3. К определению горизонтальной осевой нагрузки на неподвижную опору (А)

Для промежуточных опор (В) суммарную нагрузку согласно СНиП следует принимать равной

$$P = 0,3(\mu g mL + P_x).$$

При бесканальной прокладке сетей необходимо учитывать особенности, обусловленные трением в грунте [16].

При подборе каналов для прокладки тепловых сетей следует ориентироваться на каналы марки КЛП или МКЛ [15]. Размещение труб в каналах должно соответствовать [5].

В рамках выполнения курсового проектирования необходимо разработать конструкцию узла трубопроводов, разместив устанавливаемое в нем оборудование (отводы на ответвлениях, прямые участки труб, арматура - секционирующая задвижка (если она есть) и задвижки на ответвлениях, фланцы, переходы, дренажные узлы, осевой компенсатор и опоры (если они предусматриваются и проч.)) с соблюдением требований [5].

Для уменьшения габаритов камер целесообразно использование крутоизогнутых отводов. Задвижки и сальниковые компенсаторы должны устанавливаться вразбежку; врезка труб ответвлений осуществляется сверху или сбоку основных труб. При наличии ответвлений в обе стороны их оси должны совпадать.

После размещения оборудования проектируют строительную часть камеры узла трубопроводов. При этом, по возможности, следует использовать типовые решения из сборного железобетона [5, с. 236] с учетом нормируемых проходов для обслуживания оборудования и других требований.

План и разрезы разработанного УТ изображаются на листе графической части в соответствии с [1].

В курсовом проекте необходимо разработать профиль участка тепловой сети (границы участка, в состав которого входит; подробно разработанная часть, согласовываются с руководителем проектирования).

При построении профиля следует стремиться к меньшим заглублениям сети, однако нельзя допускать заглубление камер и линейной части прокладки менее допустимых [5].

При этом надо учитывать также необходимость установки запорной арматуры и размещения оборудования в подземных камерах.

Уклон теплопроводов должен быть не менее 0,002. Изменение величины и направления уклона допускается только на неподвижных опорах.

В пояснительной записке следует дать краткое описание решения профиля участка сети, а на листе графической части – его изображение в соответствии с требованиями [1]. При построении профиля отметки горизонталей, определенные заданием на проектирование, рассматривать как проектные (чистовые) отметки поверхности земли.

В задачу раздела «Изоляция теплопроводов» проекта входит выбор материалов и изделий изоляционной конструкции теплопроводов для определенных заданием участков сети.

Выбор материалов и изделий для основного и покровного слоев изоляционных конструкций тепловых сетей следует выполнять с учетом способа прокладки и условного прохода трубопроводов [5].

После подбора материалов задача заключается в определении требуемой толщины основного слоя конструкции (тепловой изоляции), а затем и типоразмера изделия из ряда, выпускаемых промышленностью (как для подающего, так и обратного теплопроводов). Размеры, в том числе толщина  $\delta$  изделий, определены соответствующими стандартами или ТУ. Выборку из них можно найти в [15] (в пределах указанных диапазонов толщина изделий меняется дискретно с интервалом 10 мм).

При возможности выбора предпочтение следует отдавать изделиям с большим сортаментом толщин, а также с меньшим минимальным значением  $\delta$  (при необходимости допускается изоляция в 2 слоя).

Следует иметь в виду, что толщина изоляционной конструкции (включая защитное покрытие, толщина которого обычно не более 5 мм, за исключением покрытия из асбоцементной штукатурки) не должна превышать предельных значений, определенных [10] в зависимости от  $D_y$  трубопровода.

Сформулированная задача может быть решена, например, с использованием норм плотности теплового потока по методике, изложенной в [10].

**Библиографический список**

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2014)
2. ГОСТ 26691-85. Теплоэнергетика. Термины и определения
3. ГОСТ 19431-84. Энергетика и электрификация. Термины и определения
4. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение
5. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003
6. СП 510.1325800.2022 СП Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения
7. СП 42.13330.2016 "СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" (с изменениями N 1, N 2)
8. СП 131.13330.2020 Строительная климатология
9. МДК 4-05.2004 «Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения», М., 2005.
10. СП 61.13330.2012 "СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов" (с изменением N 1)
11. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях
12. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
13. СП 30.13330.2020 "СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий"
14. СП 41–105–95 «Проектирование тепловых пунктов»

15. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина и др.; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376с.

16. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк и др. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.



## Форма титульного листа курсовой работы (проекта)

<b>Минобрнауки России</b>	
<b>Юго-Западный государственный университет</b>	
Кафедра _____	
<b>КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)</b>	
по дисциплине « _____ » (наименование дисциплины)	
на тему « _____ » _____ »	
Направление подготовки (специальность) _____ (код, наименование)	
Автор работы (проекта) _____ (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
Группа _____	
Руководитель работы (проекта) _____ (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
Работа (проект) защищена _____ (дата)	
Оценка _____	
Члены комиссии _____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
_____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
_____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
Курс 20 __ г.	
Ф 04.026	

## Форма задания на курсовую работу (проект)

**Минобрнауки России  
Юго-Западный государственный университет**

Кафедра \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (ПРОЕКТ)**Студент \_\_\_\_\_ шифр \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)1. Тема \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Срок представления работы (проекта) к защите « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

3. Исходные данные (для проектирования, для научного исследования):  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Содержание пояснительной записки курсовой работы (проекта):

4.1. \_\_\_\_\_

4.2. \_\_\_\_\_

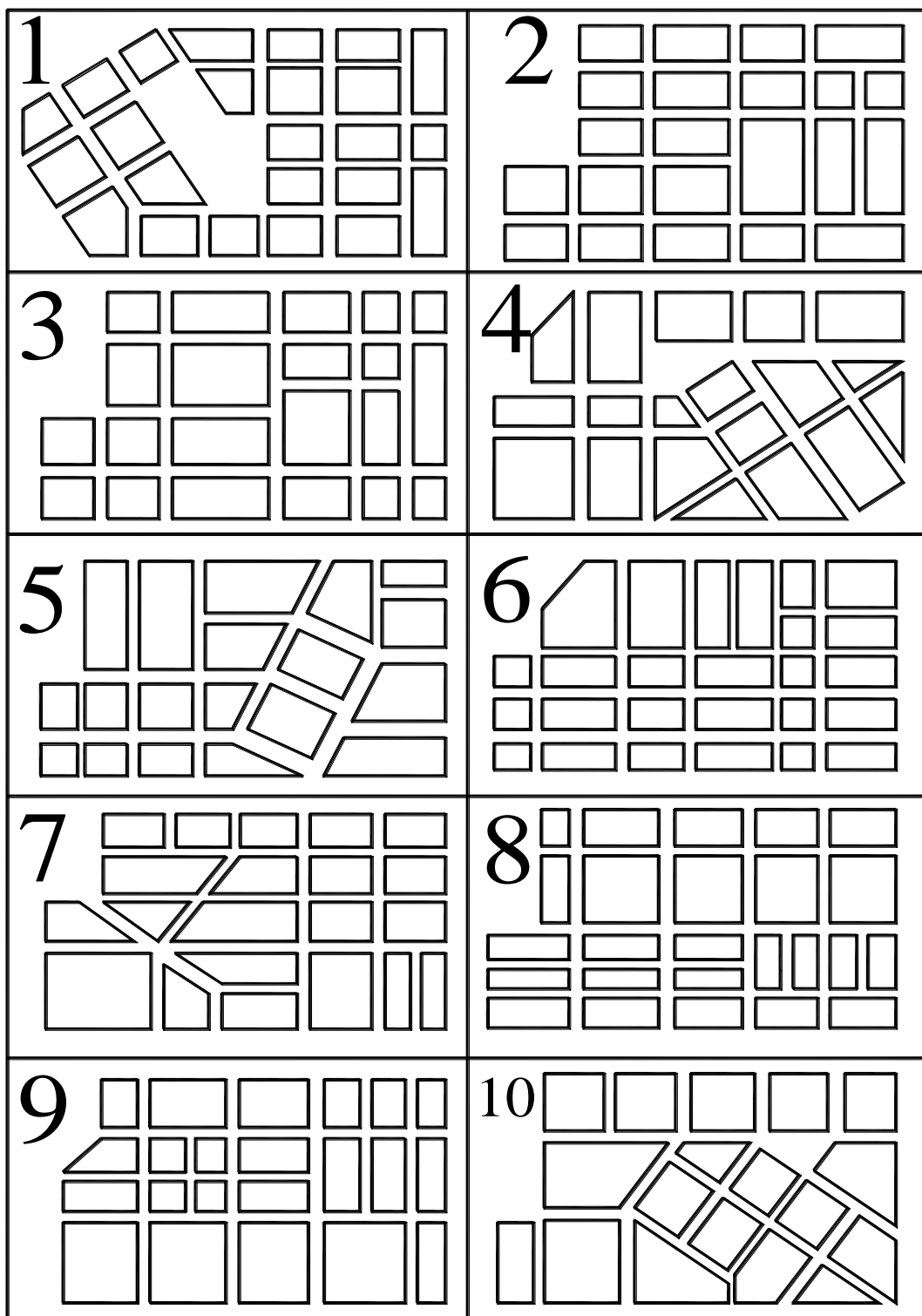
4.3. \_\_\_\_\_

4.4. \_\_\_\_\_

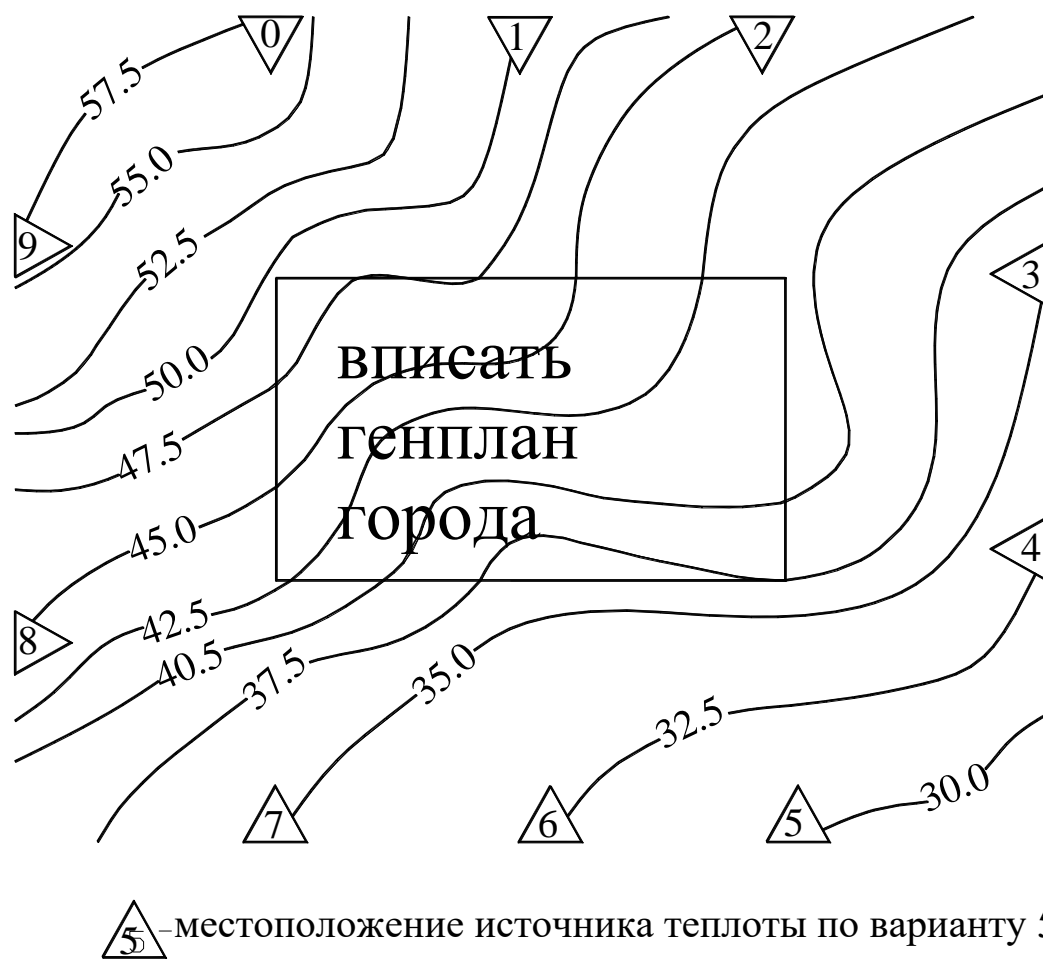
4.5. \_\_\_\_\_

5. Перечень графического материала:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Руководитель работы (проекта) \_\_\_\_\_  
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

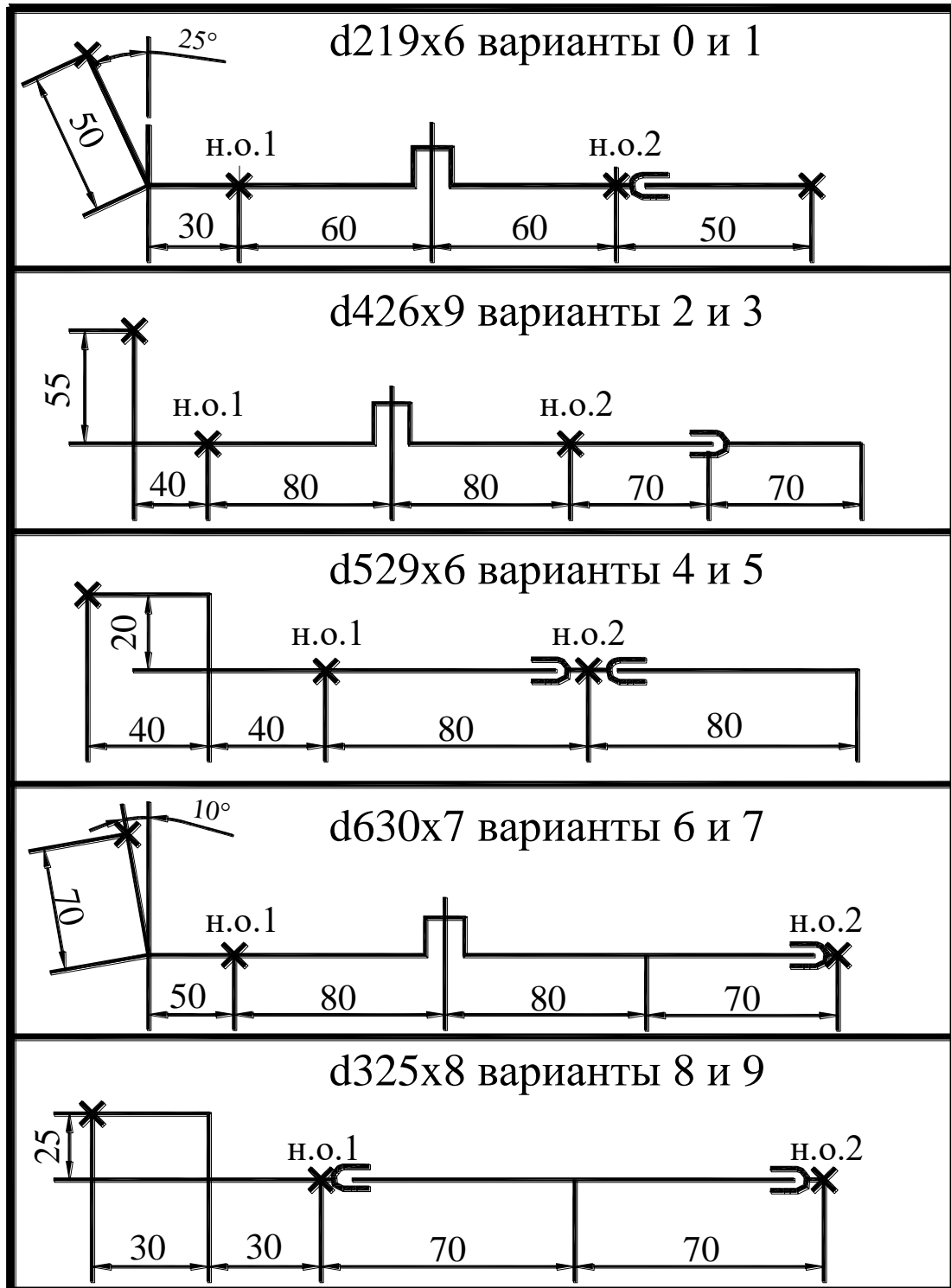
**Варианты генерального плана города**  
(М 1:50000)



**Варианты местоположения источника теплоты и рельеф местности**



**Варианты схемы трубопровода, подлежащего расчету на самокомпенсацию температурных удлинений и определению нагрузок на неподвижные опоры 1 и 2**



### Варианты схемы узловой камеры тепловой сети, подлежащей графической разработке

<p>0 земля 47,00</p>	<p>1 земля 26,00</p>
<p>2 земля 81,00</p>	<p>3 земля 15,20</p>
<p>4 земля 63,00</p>	<p>5 земля 37,00</p>
<p>6 земля 51,50</p>	<p>7 земля 10,00</p>
<p>8 земля 87,00</p>	<p>9 земля 95,00</p>