РАЗРАБОТАН Акционерным обществом открытого типа "Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт" (АООТ "ВТИ")

ИСПОЛНИТЕЛИ *Н.М. Зингер, С.А. Байбаков, Н.П. Белова*

УТВЕРЖДЕН Департаментом стратегии развития научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 04.05 2000 г.

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ, периодичность проверки – 5 лет

Первый заместитель начальника *А.П. Берсенев*

Ключевые слова: теплоснабжение, водяные тепловые сети, абонентские вводы, гидравлические режимы, гидравлические потери, методы испытания, измерительная аппаратура

gost.e-ecolog.ru

© АООТ "ВТИ", 2002

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЮ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ БЕЗ НАРУШЕНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

РД 153-34.1-20.526-00

Срок действия установлен
с 2001-01-01
до 2010-01-01

Методические указания устанавливают содержание и порядок проведения работ по определению эксплуатационных гидравлических потерь в трубопроводах водяных тепловых сетей

Методические указания предназначены для работников предприятий тепловых сетей и электростанций, в ведении которых находятся тепловые сети, а также энергообъединений и наладочных организаций

Настоящие Методические указания действуют наряду с "Методическими указаниями по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери" (РД 34.20.519-97), утвержденными Департаментом науки и техники РАО "ЕЭС России" 25 04 97 г.

Издание официальное

Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения РАО "ЕЭС России" или АООТ "ВТИ"

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Под испытаниями тепловых сетей на гидравлические потери (испытаниями) следует понимать комплекс организационных и технических мероприятий по определению фактических гидравлических характеристик трубопроводов для всей тепловой сети.

Основными гидравлическими характеристиками трубопроводов являются:

- гидравлическое сопротивление трубопровода S, $(м \cdot ч^2)/м^6$;
- эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода $K_э$, мм.

1.2 Определение гидравлических характеристик производится на основании измерений потерь напора при известных значениях расходов воды по участкам тепловой сети и принимаемых по справочным данным значениях коэффициентов местных гидравлических сопротивлений.

Участком тепловой сети является участок трубопровода постоянного диаметра по подающей или обратной линиям, характеризующийся одинаковым по длине расходом сетевой воды.

1.2.1 Определение расходов воды по участкам производится либо путем непосредственных измерений, либо суммированием расходов воды на присоединенные в соответствии со схемой тепловой сети абонентские вводы.

Измерения расходов воды производятся штатными приборами, установленными на источнике тепла, а также расходомерными устройствами, входящими в состав аттестованных узлов учета абонентских вводов. При отсутствии указанных измерительных приборов и на промежуточных участках расходы воды измеряются при помощи ультразвуковых расходомеров с накладными датчиками.

Для измерения расходов могут использоваться приборы с величиной основной приведенной погрешности не более 2,5 %.

1.2.2 Измерения давлений производятся деформационными манометрами или другими датчиками давления классом точности не ниже 0,4. Измерения температуры должны проводиться с точностью до 1 °С.

Все измерительные приборы, используемые при проведении испытаний, должны быть метрологически аттестованы.

1.3 Испытания включают в себя подготовку, проведение и анализ полученных результатов.

1.3.1 В период подготовки определяются исходные данные по тепловой сети, разрабатывается и согласовывается программа проведения измерений.

1.3.2 Непосредственно испытания проводятся в два этапа.

На первом этапе с целью предварительной оценки соответствия гидравлических характеристик участков трубопроводов сети их расчет-

ным значениям при условии стабильного гидравлического режима производятся измерения давлений на источнике тепла и в контрольных точках, а также расходов воды на источнике и абонентских вводах, оборудованных аттестованными узлами учета.

При расходах воды, соответствующих периоду измерений, и гидравлических характеристиках участков, принимаемых по справочным данным или по результатам предыдущих испытаний, производится расчет напоров в узлах сети и соответствующих потерь напора на участках, которые сопоставляются с потерями напора, полученными на основании измерений давлений в контрольных точках. Делается расчет фактических гидравлических характеристик трубопроводов, и по результатам сопоставления определяются участки сети, фактические потери напора на которых значительно отличаются от расчетных значений

На втором этапе измеряются расходы и потери напора непосредственно на выявленных участках с целью более точного определения их гидравлических характеристик.

1.3.3 По результатам испытаний составляется таблица, в которой для каждого участка испытываемой сети должны быть указаны полученные значения эквивалентной шероховатости и гидравлического сопротивления.

1.4 Испытания проводятся при фактических эксплуатационных режимах без отключения потребителей.

При наличии в тепловой сети нескольких магистралей испытания могут проводить отдельно для каждой из них при закрытых задвижках на перемычках между магистралями. На период измерений должны быть также закрыты задвижки на перемычках, образующих кольца в испытываемой сети. При недостаточном количестве измерительной аппаратуры требуемого класса могут быть проведены испытания отдельно по подающей и обратной линиям.

1.5 Предпочтительно проводить испытания в осенний или весенний периоды отопительного сезона при наибольших расходах воды в сети Полученные по результатам испытаний данные используются при планировании ремонтных работ, разработке гидравлических режимов сети для условий нормальной эксплуатации и при аварийных ситуациях, а также для обоснования затрат электроэнергии на перекачку теплоносителя Эти данные являются также основанием для составления энергетической характеристики тепловой сети по показателю удельного расхода электроэнергии на транспорт теплоносителя, которая должна разрабатываться в соответствии с разделом 1.4 Правил Технической Эксплуатации электрических станций и сетей "Контроль за эффективностью работы электростанций" (М.: Энергоатомиздат. 1989).

2 ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

2.1 В период подготовки определяются исходные данные по тепловой сети, разрабатывается и согласовывается программа проведения измерений.

2.2 На основании исполнительной документации по тепловым сетям и по результатам визуального обследования составляются таблицы исходных данных по участкам испытываемой тепловой сети (магистрали), в которых указываются:

- наименование (номер) начального узла (камеры) участка;
- наименование его конечного узла;
- линия (подающая или обратная);
- геодезические отметки конечного узла;
- год прокладки;
- строительная длина, м;
- внутренний диаметр, мм;
- принимаемая величина эквивалентной шероховатости, мм;
- по каждому виду местных гидравлических сопротивлений – количество (шт.) и величина коэффициента;
- сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений участка.

Рекомендуемая форма таблицы приведена в приложении Б.

Ориентировочные значения коэффициентов местных гидравлических сопротивлений для различного оборудования тепловых сетей приведены в приложении В.

2.3 На основании информации служб присоединения и учета теплоснабжающей организации составляется таблица данных по абонентским вводам, присоединенным к испытываемой сети, в которой для каждого ввода указываются:

- наименование;
- расчетная суммарная тепловая нагрузка и ее структура расчетные нагрузки отопления и вентиляции, а также средняя нагрузка горячего водоснабжения (ГВС)], МВт (Гкал/ч);
- расчетные расходы воды – суммарный на ввод и по каждому виду тепловой нагрузки, $м^3/ч$;
- наличие аттестованного узла учета отпуска тепловой энергии с указанием мест установки расходомерных устройств и способа регистрации результатов измерения расходов;
- наличие манометров или преобразователей давления на подающей и обратной линиях, их тип и состояние.

Рекомендуемая форма таблицы приведена в приложении Б.

2.4 В соответствии с оперативной схемой тепловых сетей с учетом данных из приведенных выше таблиц составляется расчетная схема

испытываемой сети (магистрали), которая должна содержать следующие сведения:

- наименование камер;
- внутренние диаметры трубопроводов и длины участков по подающей и обратной линиям;
- места присоединения и суммарные расчетные расходы воды на абонентские вводы;
- точки (камеры), в которых установлены или могут быть установлены манометры,
- точки, в которых установлены штатные расходомерные устройства, а также места возможной установки ультразвуковых расходомеров;
- перемычки между магистралями и места расположения отсекающих задвижек;
- места установки насосных подстанций с указанием направления подачи воды.

2.5 По данным о расчетных расходах воды на присоединенные абонентские вводы производится предварительный гидравлический расчет расчетной схемы сети при принятых в соответствии с таблицей данных по участкам гидравлических характеристиках трубопроводов. Расчет проводится на основании формул, приведенных в приложении А.

2.6 На основании анализа расчетной схемы и результатов гидравлического расчета выбираются контрольные точки, в которых будут производиться измерения и регистрация параметров.

Посредством контрольных точек вся испытываемая сеть разбивается на ветви, представляющие собой последовательно соединенные участки магистрали или ответвления, расположенные между этими контрольными точками.

2.6.1 Первой контрольной точкой является вывод источника тепла. В этой точке должны производиться измерения расходов, давлений и температур сетевой воды в подающей и обратной линиях испытываемой сети. При наличии аттестованного узла учета отпуска тепла эта точка располагается в месте установки приборов учета.

При отсутствии на выводе источника тепла штатных расходомерных устройств должно быть предусмотрено измерение расходов при помощи ультразвуковых расходомеров с накладными датчиками. Места их установки определяются в соответствии с требованиями инструкции по применению.

2.6.2 В качестве контрольных точек на магистральном трубопроводе выбираются камеры, в которых осуществляется присоединение наиболее крупных ответвлений при наличии в этих камерах приборов для измерения давления или штуцеров для их установки. Расстояние между двумя соседними контрольными точками должно выбираться таким, чтобы

потери напора между этими точками по результатам предварительного гидравлического расчета в 5–7 раз превышали точность измерения давлений в этих контрольных точках.

Ответвления, в точке присоединения которых к магистральным трубопроводам давления не измеряются, исключаются из объема испытаний. Для участков этого ответвления фактические гидравлические характеристики не определяются, а при гидравлическом расчете ответвление может быть задано суммарными расходами воды на присоединенные к нему абонентские вводы.

2.6.3 На ответвлениях в качестве контрольных точек используются наиболее удаленные абонентские вводы с максимальным расчетным расходом воды. Для повышения достоверности результатов следует выбирать вводы, оборудованные узлами учета отпуска тепла.

При значительных потерях напора в трубопроводах ответвления, на нем могут быть предусмотрены дополнительные контрольные точки.

2.6.4 При наличии в испытываемой сети насосных подстанций должно быть предусмотрено измерение давлений на всасе и нагнетании этих насосных в точках присоединения их к тепловой сети.

Выбор контрольных точек должен быть согласован с теплоснабжающей организацией.

2.7 По результатам анализа суточных режимов отпуска тепла по показаниям приборов на теплоисточнике ориентировочно определяются периоды времени со стабильным гидравлическим режимом, в течение которых могут быть проведены измерения по первому этапу испытаний.

2.8 В период подготовки проводится также осмотр установленных в намеченных контрольных точках манометров и определяется требуемый объем работ по их подготовке к испытаниям, а также количество, тип и характеристики дополнительно устанавливаемых датчиков давления.

Определяются геодезические отметки датчиков давления (центров манометров), и при отсутствии данных по геодезическим отметкам трубопроводов производится нивелировка соответствующих точек трассы.

Производится выбор и подготовка мест установки ультразвуковых расходомеров.

Разрабатывается и согласовывается программа первого этапа испытаний. Она должна содержать:

- наименование объекта и объем испытаний;
- перечень подготовительных работ с указанием сроков их проведения и исполнителей;
- предполагаемое время проведения первого этапа;
- требуемые переключения в схеме тепловой сети и режимы работы оборудования тепловой сети;
- требуемые режимы, обеспечиваемые оборудованием источника тепла;

- перечень лиц, ответственных за обеспечение и проведение испытаний;
- перечень лиц, согласовывающих программу испытаний,
- обеспечение требований безопасности при проведении испытаний.

3 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ (ЭТАП 1)

3 1 На период проведения испытаний необходимо соблюдение условий, обеспечивающих поддержание стабильного гидравлического и температурного режима в тепловой сети, т.е. не должны производиться переключения в схеме сети, отключения абонентов, изменения числа работающих насосов на источнике тепла и насосных подстанциях. Кроме того, на источнике тепла должны поддерживаться постоянные напоры в подающей и обратной линиях испытываемой магистрали, а также температура воды в подающей линии.

3.2 Перед проведением испытаний в соответствии с расчетной схемой производится закрытие задвижек на перемычках между испытываемой и остальными магистралями тепловой сети.

Производится проверка и при необходимости замена манометров в контрольных точках сети.

При отсутствии расходомерных устройств в подающей и обратной линиях магистрали на источнике тепла непосредственно перед испытаниями производится подготовка и установка ультразвуковых расходомеров.

3.3 В день проведения измерений, в период времени с наиболее постоянным гидравлическим режимом производятся синхронная автоматическая регистрация или запись наблюдателями следующих параметров:

- расходов, давлений и температур в подающей и обратной линиях сети на источнике тепла;
- давлений в контрольных точках сети, а также давлений, расходов и температур в контрольных точках на абонентских вводах с аттестованными узлами учета;
- давлений и температур в контрольных точках на абонентских вводах, не оборудованных аттестованными узлами учета.

Регистрация и запись параметров производится не менее часа При автоматической регистрации должны фиксироваться мгновенные значения измеряемых параметров с частотой, определяющейся возможностями аппаратуры, но не реже, чем 1 раз в 5 мин.

При отсутствии автоматической регистрации запись параметров производится наблюдателями каждые 5 мин путем фиксации не менее трех значений расходов и давлений с интервалом 30 с.

3.4 Измерения и регистрация температур воды обязательно должна производиться в подающем и обратном трубопроводах перед началом измерений и после их окончания на источнике тепла и в наиболее удаленной от источника контрольной точке.

3 5 После окончания измерений производится предварительная обработка и анализ полученных результатов: осреднение результатов измерений расходов и давлений, фиксируемых наблюдателями, определение средних температур воды в подающей и обратной линиях на период испытаний.

На основании осредненных значений давлений и расходов выбирается интервал времени с наиболее стабильным гидравлическим режимом.

Режим можно считать стабильным, если изменения давлений для трех взятых подряд любых моментов времени во всех контрольных точках не превышает 2 %.

При отсутствии требуемого интервала времени измерения повторяются после проведения мероприятий по стабилизации режима. В качестве такого мероприятия может рассматриваться отключение регуляторов температуры перед подогревателями горячего водоснабжения у наиболее крупных потребителей.

После проведения измерений в схеме сети могут быть произведены необходимые по условиям эксплуатации переключения.

3.6 Для условий стабильного гидравлического режима производится гидравлический расчет схемы, в результате которого определяются расходы воды по участкам и напоры в узлах испытываемой магистрали.

При расчете гидравлические характеристики участков сети принимаются в соответствии с рекомендациями нормативно-технической литературы или по результатам предыдущих испытаний с поправкой на срок эксплуатации. Абонентские вводы задаются расходами воды, поступающей из подающей линии сети на эти вводы и возвращающейся в обратную линию.

3.6.1 Расходы воды для источника тепла и абонентских вводов с узлами учета принимаются на основании осредненных результатов измерений.

3.6.2 При отсутствии узлов учета и закрытой тепловой сети расходы воды по подающей линии для абонентских вводов принимаются равными расчетному значению, умноженному на коэффициент $A_п$

$$V_{ап_i} = A_п \cdot V^p_{a_i}, \qquad (1)$$

где $V_{ап_i}$ – расход воды из подающей линии на i-ый абонентский ввод, не оборудованный узлом учета, м^3/ч;

$V^p_{a_i}$ – расчетный расход воды для этого ввода, м^3/ч.

Коэффициент $A_п$ определяется, исходя из суммарных расходов воды на вводы и на источнике тепла в период измерений

$$A_п = \frac{V^и_{ип} - V^у_{ас_п}}{V^р_{ас} - V^{ру}_{ас}}, \quad (2)$$

где $V^и_{ип}$ – фактический (измеренный) расход воды на источняке тепла в подающей линии, м^3/ч;

$V^у_{ас_п}$ – суммарный фактический расход воды из подающей линии на абонентские вводы с узлами учета, м^3/ч;

$V^р_{ас}$ – суммарный расчетный расход воды на абонентские вводы, присоединенные к испытываемой магистрали, м^3/ч;

$V^{ру}_{ас}$ – суммарный расчетный расход воды на оборудованные узлами учета абонентские вводы, присоединенные к испытываемой магистрали, м^3/ч.

Расход воды, возвращаемый в обратную линию сети после абонентских вводов, не оборудованных узлами учета $V_{ао_i}$, м^3/ч, принимается равным расходу воды из подающей линии, умноженному на коэффициент $A_о$

$$V_{ао_i} = A_о V_{ап_i}. \quad (3)$$

Коэффициент $A_о$ определяется, исходя из суммарных расходов воды на вводы и на источнике тепла в период измерений

$$A_о = \frac{V^и_{ио} - V^у_{ас_о}}{V^и_{ип} - V^у_{ас_п}}, \quad (4)$$

где $V^и_{ио}$ – фактический расход воды на источнике тепла в обратной линии, м^3/ч;

$V^у_{ас_о}$ – суммарный расход воды, поступающей в обратную линию после оборудованных узлами учета абонентских вводов, м^3/ч.

3.6.3 При открытой тепловой сети по результатам измерений расходов в первой контрольной точке предварительно определяется суммарный текущий расход воды на горячее водоснабжение $V^и_{гс}$, м^3/ч, для абонентских вводов, не оборудованных узлами учета

$$V^и_{гс} = \left(V^и_{ип} - V^и_{ио}\right) - \left(V^у_{ас_п} - V^у_{ас_о}\right). \quad (5)$$

Расход воды на ввод из подающей линии определяется следующим образом

$$V_{ап_i} = A \cdot V^р_{о_i} + B \cdot V^р_{г_i}, \quad (6)$$

где $V^р_{о_i}$ – расчетный расход воды на отопление i-ого абонентского ввода, м^3/ч;

$V^{р}_{г_i}$ – расчетный расход воды на ГВС этого ввода, м^3/ч.

Расход воды, поступающей в обратную линию после абонентских вводов, будет равен

$$V_{ao_i} = A \cdot V^{р}_{o_i} - B \cdot V^{р}_{г_i} \cdot \frac{t_1 - t_г}{t_1 - t_2}, \qquad (7)$$

где $t_г$ – температура воды, подаваемой в систему ГВС, °С;

t_1 – температура сетевой воды в подающей линии в период испытаний, °С;

t_2 – температура сетевой воды в обратной линии в период испытаний, °С.

Коэффициенты А и В определяются из суммарных расходов воды на источнике тепла и абонентских вводах

$$B = \frac{V^{и}_{гс}}{V^{р}_{гс} - V^{ру}_{гс}}; \qquad (8)$$

$$A = \frac{V^{и}_{ип} - V^{у}_{ас} - V^{и}_{гс} \cdot \frac{t_г - t_2}{t_1 - t_2}}{V^{р}_{ос} - V^{ру}_{ос}}, \qquad (9)$$

где $V^{р}_{гс}$ – суммарный расчетный расход на ГВС абонентских вводов испытываемой тепловой сети, м^3/ч;

$V^{ру}_{гс}$ – суммарный расчетный расход воды на ГВС для абонентских вводов, оборудованных узлами учета, м^3/ч;

$V^{р}_{ос}$ – суммарный расчетный расход воды на отопление, м^3/ч;

$V^{ру}_{ос}$ – суммарный расчетный расход воды на отопление для абонентских вводов, оборудованных узлами учета, м^3/ч.

При водоразборе только из подающей линии температура горячей водопроводной воды принимается равной температуре в подающей линии, т е. $t_г = t_1$, при водоразборе из обратной линии $t_г = t_2$.

3.6.4 Результаты расчета и измерений фактических расходов воды на абонентские вводы в сопоставлении с расчетными по подающей и обратной линиям в м^3/ч при температурах испытаний фиксируются в таблице, рекомендуемая форма которой приведена в приложении Г.

3.7 По результатам определения расходов воды при принятых в исходных данных гидравлических характеристиках участков сети в соответствии с расчетной схемой производится гидравлический расчет схемы испытываемой сети и строится расчетный пьезометрический график магистрали и ответвлений.

На расчетный пьезометрический график наносятся напоры, соответствующие давлениям, измеренным в контрольных точках магистрали

Определение напоров H, м, производится по следующей формуле, приведенной в приложении А

$$H = p/(\rho \cdot g) + Z, \qquad (10)$$

где p – расчетное или измеренное давление в этом узле, Па;

ρ – плотность воды, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с^2);

Z – геодезическая отметка местности узла, м.

Расчетный пьезометрический график с нанесенными на него фактическими (измеренными) значениями напоров позволяет наглядно оценить отличие фактических потерь напора от расчетных.

3.8 Потери напора на ветви $\Delta H^и$, м, с учетом поправки на высоту установки манометров (разность напоров в двух последовательных контрольных точках) определяются по формуле

$$\Delta H^и = H^и_н - H^и_к - (Z_н - Z_к) - \Delta H_{нп}, \qquad (11)$$

где $H^и_н$, $Z_н$ – фактический (полученный в ходе испытаний) напор и геодезическая отметка (высота установки манометра) в начальной по ходу воды контрольной точке сети, м;

$H^и_к$, $Z_к$ – то же для конечной контрольной точки, м;

$\Delta H_{нп}$ – измеренный при испытаниях напор насосной подстанции, м.

Количественная оценка отклонений фактических потерь напора от расчетных h производится по ветвям испытываемой сети и определяется отношением указанных потерь к расчетным

$$h = \frac{\Delta H^и}{\Delta H^р}, \qquad (12)$$

где $\Delta H^р = H^р_н - H^р_к$ – расчетные потери напора на ветви, м;

$H^р_н$ – расчетный напор в начальной по ходу сетевой воды контрольной точке ветви, м;

$H^р_к$ – расчетный напор в конечной контрольной точке, м;

$\Delta H^и = H^и_н - H^и_к$ – фактические (полученные при испытаниях) потери напора на этой ветви, м;

$H^и_н$ – фактический напор в начальной контрольной точке, м;

$H^и_к$ – фактический напор в конечной контрольной точке, м.

Если h находится в интервале от 0,95 до 1,15, то производится коррекция величины гидравлического сопротивления и эквивалентной шероховатости на участках ветви.

3.9 Потери напора на отдельных участках этой ветви $\Delta H^и_у$, м, определяются по формуле

$$\Delta H^{и}_{y_i} = \Delta H^{р}_{y_i} \cdot \frac{\Delta H^{и}}{\Delta H^{р}}, \qquad (13)$$

где $\Delta H^{р}_{y_i}$ – расчетные потери напора на i-ом участке, м.

Расчет потерь напора на отдельных участках и его результаты фиксируются в таблице, рекомендуемая форма которой приведена в *приложении* Г.

3.10 Гидравлические сопротивления участков S_i, $(м \cdot ч^2)/м^6$, определяются в по формуле

$$S_i = \frac{\Delta H^{и}_{y_i}}{\left(V_{y_i}\right)^2}, \qquad (14)$$

где V_{y_i} – расход воды на i-ом участке ветви, определяемый по результатам гидравлического расчета, $м^3/ч$.

3.11 На основании зависимостей, приведенных в приложении А для каждого участка ветви, определяются следующие гидравлические характеристики.

3.11.1 Коэффициент гидравлического трения λ для участка определяется из выражения

$$\lambda = \frac{1{,}57 \cdot 10^8 \cdot S \cdot D_в^5 - D_в \cdot \sum \xi}{L}, \qquad (15)$$

где $D_в$ – внутренний диаметр трубопровода на участке, м;

L – длина участка, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

3.11.2 Величина эквивалентной шероховатости $K_э$, м, определяется по формуле

$$K_э = D_в \cdot (\lambda / 0{,}11)^4. \qquad (16)$$

Для скорости течения воды в трубопроводе менее 0,5 м/с величина эквивалентной шероховатости может быть определена по более точной формуле

$$K_э = D_в \cdot (\lambda / 0{,}11)^4 - 1{,}92 \cdot 10^5 \cdot \nu \cdot \frac{D_в^2}{V} \qquad (17)$$

где ν – кинематическая вязкость воды, $м^2/с$.

3.12 Исходные данные и результаты расчета гидравлических характеристик участков испытываемой сети указываются в таблице, рекомендуемая форма которой приведена в приложении Г.

При h менее 0,95 и более 1,15 для участков соответствующей ветви должны быть проверены принятые исходные данные и при отсутствии ошибок на втором этапе проведены более детальные испытания на гидравлические потери. При этом должны проводиться измерения

расходов воды и давлений в начальном и конечном узлах по отдельным участкам сети.

Если h не превышает 1,15 для всех ветвей испытываемой магистрали, то:

- при условии, что на каждом ответвлении испытываемой магистрали абонентские вводы с расчетной тепловой нагрузкой, составляющей более 60 % расчетной нагрузки ответвления, оборудованы аттестованными узлами учета потребления тепла, второй этап испытаний может не проводиться;

- при более низкой степени оснащенности абонентских вводов узлами учета на втором этапе проводятся контрольные испытания на гидравлические потери по отдельным характерным участкам на магистрали и ответвлениям при непосредственном измерении расходов и давлений на этих участках.

4 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ (ЭТАП 2)

4.1 Второй этап испытаний проводится с целью уточнения гидравлических характеристик отдельных участков испытываемой сети по подающей и обратной линиям в случаях, оговоренных в предыдущем разделе.

Схема сети при проведении измерений может соответствовать текущим условиям эксплуатации, однако для получения более достоверных результатов целесообразно такое ее изменение, при котором расходы воды на испытываемых участках будут наибольшими.

В тепловой сети во время измерений необходимо поддержание стабильного гидравлического и теплового режимов.

4.2 На каждом испытываемом участке производятся измерения расходов воды и давлений в начальном и конечном по ходу воды узлах

Измерения расходов воды могут производиться как штатными приборами на источнике тепла и абонентских вводах с аттестованными узлами учета, так и переносными ультразвуковыми расходомерами при соблюдении правил их установки в соответствии с инструкцией по применению

При использовании расходомерных устройств на абонентских вводах расходы воды по участкам определяются путем их суммирования в соответствии со схемой сети.

4.3 Измерения параметров производятся в течение не менее 20 мин при синхронной их регистрации с интервалом 2 мин. Регистрация параметров производится автоматически или с помощью наблюдателей

При отсутствии стабильного гидравлического режима в течение не менее 10 мин за указанный период цикл измерений следует повторить.

4.4 Количество одновременно испытываемых участков определяется наличием измерительной аппаратуры и возможностями регистрации измеряемых параметров.

4.5 По результатам измерений определяются фактические гидравлические характеристики участков: гидравлические сопротивления и величина эквивалентной шероховатости Последовательность и формулы для расчета характеристик участков приведены в предыдущем разделе.

Результаты измерений и расчетов приводятся для соответствующих участков в таблицах, форма которых рекомендована в приложении Г (форма 3).

5 АНАЛИЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

По результатам испытаний определяются средние значения эквивалентной шероховатости для испытывавшихся участков подающей и обратной линий Для участков с существенным изменением величины $K_э$ по сравнению с расчетным значением следует проанализировать возможные причины такого изменения.

Это могут быть неверные исходные данные (заниженные значения величины местных потерь или неправильное определение внутреннего диаметра), а также длительный срок эксплуатации, подача в трубопровод сырой воды, наличие засоров, посторонних предметов и неисправной арматуры.

После выявления причин завышенных гидравлических сопротивлений участка должны быть намечены меры по их устранению.

При наличии ошибок в исходных данных производится их корректировка и повторный расчет эквивалентной шероховатости. Если их нет, для снижения гидравлического сопротивления трубопроводов на выявленных участках могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

- гидропневматическая промывка;
- вскрытие и чистка трубопроводов,
- перекладка трубопроводов

Фактические значения гидравлических сопротивлений и эквивалентной шероховатости участков трубопроводов сети используются в дальнейшем при разработке гидравлических режимов сети, для обоснования затрат электроэнергии на перекачку, а также для составления энергетической характеристики тепловой сети по показателю удельного расхода электроэнергии на транспорт теплоносителя

6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

При проведении испытаний тепловых сетей на гидравлические потери требуется одновременное измерение и регистрация большого количества

параметров, в основном давлений и расходов сетевой воды. Поэтому большое внимание должно быть уделено выбору измерительной аппаратуры и организации процесса измерений.

Регистрация измеряемых параметров может проводиться путем их записи наблюдателями в соответствующие таблицы, а также автоматически – путем записи на различные промежуточные носители информации.

В настоящее время выпускается широкая номенклатура измерительной и регистрирующей аппаратуры отечественного и зарубежного производства, удовлетворяющей приведенным в разделе 2 требованиям.

Для визуальной регистрации давления могут использоваться образцовые деформационные манометры (тип МО) класса точности 0,4 и выше, а при значительных изменениях давления по длине сети также и деформационные манометры точных измерений (тип МТИ) классом точности не ниже 0,6.

Для автоматической регистрации могут использоваться электрические измерительные преобразователи давления типа МТ100 завода "Манометр", МЕТРАН-43 концерна "Метран" или преобразователи "ЗОНД-10" производства НПП "Гидрогазприбор" с классом точности 0,25 и выше. При оснащении этих приборов вторичной показывающей аппаратурой соответствующего класса точности они могут использоваться также для визуальной регистрации измерений давления.

Измерения расходов могут производиться штатными расходомерными устройствами на источнике тепла и абонентских вводах в составе узлов учета отпуска и потребления тепла при условии, что они имеют требуемый класс точности, метрологически аттестованы и установлены в соответствии с техническими требованиями.

Измерения расходов могут производиться также с помощью переносных ультразвуковых расходомеров отечественного и зарубежного производства при условии соблюдения правил их установки. Эти приборы оснащены показывающими цифровыми приборами и имеют выходы нормированных токовых сигналов, что позволяет использовать их как при автоматической, так и при визуальной регистрации результатов измерений. Для испытаний могут использоваться переносные расходомеры фирмы "KRONHE", расходомеры "PORTAFLOW" различных фирм изготовителей, переносные расходомеры фирмы "PANAMETRICS", а также отечественные расходомеры фирмы "ВЗЛЕТ".

Автоматическую регистрацию измеряемых параметров для повышения точности измерений целесообразно производить в цифровом виде. Для этого могут использоваться вычислительные блоки теплосчетчиков при соблюдении ими требований по периодичности регистрации измеряемых параметров.

В настоящее время выпускается большое количество различных специализированных контроллеров для преобразования и хранения измерительной информации, однако они рассчитаны на обработку большого количества каналов измерений в течение длительного времени с фиксированной периодичностью опроса датчиков и применяются в основном для больших информационно-измерительных комплексов. Поэтому их применение для испытаний на гидравлические потери, как правило, требует определенной доработки.

Готовым самостоятельным прибором такого типа, применимым в полевых условиях, является накопитель информации SQUIRREL 1003 фирмы "GRANT". Он обладает необходимыми сервисными возможностями при достаточной емкости запоминающего устройства.

Измерения температур сетевой воды могут производиться любым термометром, обеспечивающим точность не ниже 1,0 °С.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

А.1 Под гидравлическим режимом системы теплоснабжения понимается совокупность расходов воды по участкам и их взаимосвязь с давлениями в узлах тепловой сети в данный момент времени.

А.2 Участком сети является трубопровод постоянного диаметра с неизменным по длине расходом воды.

А.3 Узлы – это места разветвления трубопроводов или изменения их диаметра. В тепловой сети узлами, как правило, являются тепловые камеры.

А.4 При расчете гидравлических режимов систем теплоснабжения наряду с давлениями применяется и другая единица гидравлического потенциала – напор.

А.5 Напор – это давление, выраженное в линейных единицах (обычно метрах) столба жидкости, протекающей по трубопроводу.

А.6 Напор Н, м, и давление p, Па (Н/м^2), связаны зависимостью

$$H = p/(\rho \cdot g), \qquad (А.1)$$

где ρ – плотность, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с^2).

А.7 Различают напоры:

а) полные – отсчитанные от одного горизонтального уровня;

б) пьезометрические – отсчитанные от отметки местности (или от оси трубопровода);

в) статические – устанавливающиеся в системе при прекращении циркуляции;

г) располагаемые – разность напоров в подающей и обратной линиях.

А.8 Полный Н (м) и пьезометрический H_p (м) напоры связаны следующим соотношением

$$H = H_p + Z; \qquad (А.2)$$

где Z – геодезическая отметка (высота) оси трубопровода, м.

А.9 Потери напора ΔH, м, (давления) при течении жидкости на участке трубопровода представляют собой разность полных напоров в начальной и конечной точках этого трубопровода

$$\Delta H = H_н - H_к = H_{p_н} - H_{p_к} + (Z_н - Z_к) = \frac{p_н - p_к}{\rho \cdot g} + \Delta H_г , \qquad (А.3)$$

где индексы "н", "к" – начало и конец участка трубопровода;

$p_н$, $p_к$ – давления на оси трубопровода (определяемые по показаниям манометров) соответственно в начале и конце участка, Па;

$\Delta H_г = Z_н - Z_к$ – разность геодезических высот трубопроводов (высот установки манометров), м.

А.10 Величина потерь напора определяется суммой линейной потери напора $\Delta H_л$ на прямолинейных участках и потерь напора в местных сопротивлениях $\Delta H_м$ (отводах, коленах, компенсаторах, регулирующей и запорной арматуре), размещенных неравномерно по длине трубопровода

$$\Delta H = \Delta H_л + \Delta H_м \qquad (А.4)$$

А.11 Линейные потери напора могут быть представлены в виде

$$\Delta H_л = h_л \cdot L, \qquad (А.5)$$

где $h_л$ – удельное линейное падение напора, м/м;

L – длина участка трубопровода, м.

По формуле Д'Арси

$$h_л = \lambda \cdot \frac{w^2}{2g \cdot D_в} = 6{,}35 \cdot 10^{-9} \cdot \lambda \frac{V^2}{D_в^5}, \qquad (А.6)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

w – скорость движения теплоносителя, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2,

$D_в$ – внутренний диаметр трубы, м;

V – объемный расход теплоносителя, м^3/ч.

Коэффициент гидравлического трения для шероховатых труб определяется по формуле А.Д. Альтшуля, которая для условий течения воды в тепловой сети имеет вид

$$\lambda = 0{,}11 \cdot (K_э/D_в + 68/Re)^{0{,}25}, \qquad (А.7)$$

где $K_э$ – эквивалентная шероховатость трубопровода, характеризующая состояние его внутренней поверхности м;

Re – критерий Рейнольдса.

При больших значениях числа Рейнольдса слагаемое 68/Re становится пренебрежимо малым и тогда формула для определения λ совпадает с формулой, предложенной Б.Л. Шифринсоном

$$\lambda = 0{,}11 \cdot (K_э/D_в)^{0{,}25}, \qquad (А.8)$$

имеющей более простой вид.

Для оценки точности определения коэффициента гидравлического трения, рассчитанного по формулам (А.7) и (А.8), можно привести следующие данные.

При наиболее часто встречающихся температурах воды в тепловой сети 70–100 °С и величине $K_э$= 0,5 мм отклонение λ, определяемое по приближенной формуле Б.Л. Шифринсона, от более точного значения не превышает 1,2 % при скорости воды в трубопроводе более 1,0 м/с и 3 % – при скорости более 0,5 м/с. Применение же формулы (А.8) позволяет значительно упростить расчеты и обработку результатов испытаний.

На основании СНиП 2.04.07–86 "Тепловые сети" (п. 5.7) эквивалентную шероховатость внутренней поверхности стальных труб для водяных тепловых сетей следует принимать $K_э$=0,0005 м (0,5 мм). Применение для расчета действующих тепловых сетей более высоких значений эквивалентных шероховатостей допускается только при подтверждении их фактической величины результатами испытаний на гидравлические потери.

Из формул (А.6) и (А.8) следует, что величина удельных линейных потерь давления, м/м, в трубопроводе пропорциональна квадрату расхода теплоносителя и может быть представлена в виде

$$h_л = 6{,}985 \cdot 10^{-9} \cdot K_э^{0{,}25} \cdot \frac{V^2}{D_в^{5{,}25}} \qquad (А.9)$$

Линейное падение напора, отнесенное к единице объемного расхода воды, $м^3/ч$, называется линейным гидравлическим сопротивлением трубопровода и не зависит от расхода воды, $(м \cdot ч^2)/м^6$,

$$S_л = \frac{h_л \cdot L}{V^2} = 6{,}985 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{K_э^{0{,}25}}{D_в^{5{,}25}} \cdot \qquad (А.10)$$

При малых скоростях воды в трубопроводах и соответственно числах Рейнольдса для повышения точности определение коэффициента гидравлического трения следует проводить по более сложной формуле (А.7). При этом линейное сопротивление будет иметь сложную зависимость от расхода воды в трубопроводе.

А.12 Суммарное падение напора во всех местных сопротивлениях на участке трубопровода

$$\Delta H_м = \sum\xi \cdot \frac{w^2}{2g} = 6{,}35 \cdot 10^{-9} \cdot \sum\xi \cdot \frac{V^2}{D_в^4}\ , \qquad (А.11)$$

где $\sum\xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений (безразмерная величина).

Значения коэффициентов местных потерь для различных типов местных сопротивлений приведены в приложении В.

Потери напора в местных сопротивлениях на участке $S_м$, $(м \cdot ч^2)/м^6$, отнесенные к расходу воды V, $м^3/ч$, во второй степени, также не зависят от величины расхода и могут быть представлены в виде

$$S_м = \frac{\Delta H_м}{V^2} = 6{,}35 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\sum \xi}{D_в^4} \qquad (A.12)$$

А.13 Суммарные потери напора на участке составляют

$$\Delta H = \Delta H_м + \Delta H_л = (S_л + S_м) \cdot V^2 = S \cdot V^2 , \qquad (A.13)$$

где $S = S_м + S_л$ – суммарное гидравлическое сопротивление участка трубопровода, $(м \cdot ч^2)/м^6$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ ТАБЛИЦ ХАРАКТЕРИСТИК УЧАСТКОВ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ И АБОНЕНТСКИХ ВВОДОВ

Таблица Б.1 – **Характеристики участков тепловой сети. Форма 1**

Участок		Линия	Геодезическая отметка оси трубопровода конечного узла, м	Год прокладки	Строительная длина, м	Внутренний диаметр, мм	Предварительная величина эквивалентной шероховатости, мм	Характеристика местных сопротивлений						
Начальный узел	Конечный узел							коэффициент	количество, шт.	коэффициент	количество, шт	коэффициент	количество, шт.	сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица Б.2 – **Характеристики абонентских вводов. Форма 2**

Наименование	Расчная нагрузка, МВт (Гкал/ч)				Расчетные расходы воды, $м^3/ч$				Наличие расходомеров и регистрация расходов			Измерения давлений (тип прибора)	
	отопление	вентиляция	ГВС средняя	всего	отопление	вентиляция	ГВС	всего	подающая	обратная	регистрация (да, нет)	подающая	обратная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Таблица В.1 – Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений

Наименование местного сопротивления	Коэффициент
1	2
Задвижка:	
"Лудло"	0,05
клиновая	0,2
нормальная	0,3 – 0,5
Вентиль:	
"Косва"	2,0
"Рей"	3,4
с делительными стенками	4,1 – 5,5
штампованный	7,8
Обратный клапан	
нормальный	1,5 – 3,0
Компенсаторы:	
сальниковый	0,2 – 0,5
лирообразный гладкий	2,0 – 2,6
П-образный	2,3 – 3,0
лирообразный волнистый	3,5 – 5,0
Грязевик	10,0
Внезапное расширение	1,0
Внезапное сужение	0,5
Переход диаметра:	
расширение	0,2 – 0,3
сужение	0,1 – 0,15
Отвод гнутый	
под углом 90°	
R = 5 D	0,2
R = 4·D	0,3
R = 3·D	0,5
R = 2·D	0,7
R = D	1,0
Отвод сварной:	
4 шва 90°	0,5
3 шва 90°	0,5
2 шва 90°	0,6
1 шов 90°	1,3
1 шов 30°	0,2
1 шов 45°	0,3
1 шов 60°	0,7

Окончание таблицы В.1

1	2
Тройники:	
при разделении потоков	
- на проход	1,0
- в ответвлении	1,5
при слиянии потоков	
- на проход	1,5
- в ответвлении	2,0
на проход при закрытом ответвлении	0,0
в ответвлении:	
- при закрытом прямом проходе	2,0
- при расходящемся потоке	2,0
- при встречном потоке	3,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ ТАБЛИЦ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Таблица Г.1 – **Расходы воды у потребителей при испытаниях. Форма 1**

Наименование	Линия	Расчетный расход воды, $м^3/ч$	Расход воды при испытаниях, $м^3/ч$	Примечания
1	2	3	4	5

Таблица Г.2 – **Распределение потерь напора по участкам сети. Форма 2**

Контрольные точки ветви начальная – конечная	Расчетные потери напора на ветви, $\Delta H^р$, м	Потери напора при испытаниях, $\Delta H^и$, м	$h = \frac{\Delta H^и}{\Delta H^р}$	Участок ветви		Линия	Расчетные потери напора на участке, $\Delta H^р_у$, м	Потери напора при испытаниях, $\Delta H^и_у = \Delta H^р_у \cdot h$, м
				начальный	конечный			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблица Г.3 – **Гидравлические характеристики участков по результатам испытаний. Форма 3**

Участок сети		Линия	Длина L, м	Внутренний диаметр $D_в$, мм	Сумма коэффициентов местных потерь $\Sigma\xi$	Расход воды V, $м^3/ч$	Общая скорость w, м/с	Общая потеря напора H, м	Гидравлическое сопротивление S, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Коэффициент гидравлического трения λ	Эквивалентная шероховатость $K_э$, мм
нач.	кон										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ

На основании разработанной методики были проведены испытания на гидравлические потери тепловой сети системы теплоснабжения промышленного предприятия с присоединенной расчетной тепловой нагрузкой 8,47 МВт (7,28 Гкал/ч) и диаметром трубопроводов на головных участках сети D_y 300 мм.

Источник теплоснабжения – водогрейная котельная.

Задача испытаний – определение фактических гидравлических характеристик трубопроводов тепловой сети: фактических гидравлических сопротивлений участков и величин эквивалентной шероховатости труб.

Расчетная схема испытываемой сети представлена на рисунке Д.1. В соответствии с разделом 3 на схеме приведены:

- наименование узлов (камер);
- внутренние диаметры трубопроводов и длины участков по подающей и обратной линиям;
- места присоединения абонентов и суммарные расчетные расходы воды на абонентские вводы;
- сумма коэффициентов местных сопротивлений по подающей и обратной линиям;
- точки (камеры), в которых установлены манометры;
- точки, в которых установлены штатные расходомерные устройства, а также места установки ультразвуковых расходомеров;
- перемычки между магистралями и места расположения отсекающих задвижек.

Основные характеристики участков трубопроводов и присоединенных потребителей тепла приведены в таблицах Д.1 и Д.2. Расчетные расходы воды у потребителей определены на основании проектных данных по расчетным тепловым нагрузкам при принятом в тепловой сети температурном графике 105–70 °С.

При испытаниях измерения расходов воды на источнике тепла на некоторых крупных ответвлениях производились при помощи калиброванных переносных ультразвуковых расходомеров с накладными датчиками Portaflow MK II с точностью измерений 2,0–3,0 %.

У некоторых потребителей установлены узлы учета SA-94/1 фирмы ASWEGA с электромагнитными (индукционными) расходомерами на подающей линии с точностью измерения расходов ±2,0 %.

У потребителей тепла, расходы воды на которых непосредственно не измерялись, эти расходы определялись распределением измеренных на ответвлениях суммарных расходов на участках в соответствии с расчетной тепловой нагрузкой (расчетным расходом воды).

Для измерения давлений использовались пружинные образцовые манометры МО класса точности 0,4 с различными диапазонами измеряемого давления.

Расходы измерялись на трубопроводах подающей линии, давления в контрольных точках – и в подающей и в обратной линиях.

Выбором мест установки манометров (контрольных точек) разбивают сеть на ветви, на которых и производится сопоставление фактических потерь напора с расчетными. Контрольные точки выбирались на основании предварительных гидравлических расчетов; было установлено 7 контрольных точек (включая коллектора котельной), которые разбивают сеть на 12 ветвей.

Места установки расходомеров и манометров приведены на расчетной схеме (см. рисунок Д 1).

Нивелировка трассы не проводилась и для получения достоверных данных о поправках на высоту установки манометров перед началом испытаний были проведены измерения давлений при статическом режиме. По результатам этих измерений определены поправки в показаниях манометров по отношению к манометру, установленному на всасе сетевых насосов источника тепла.

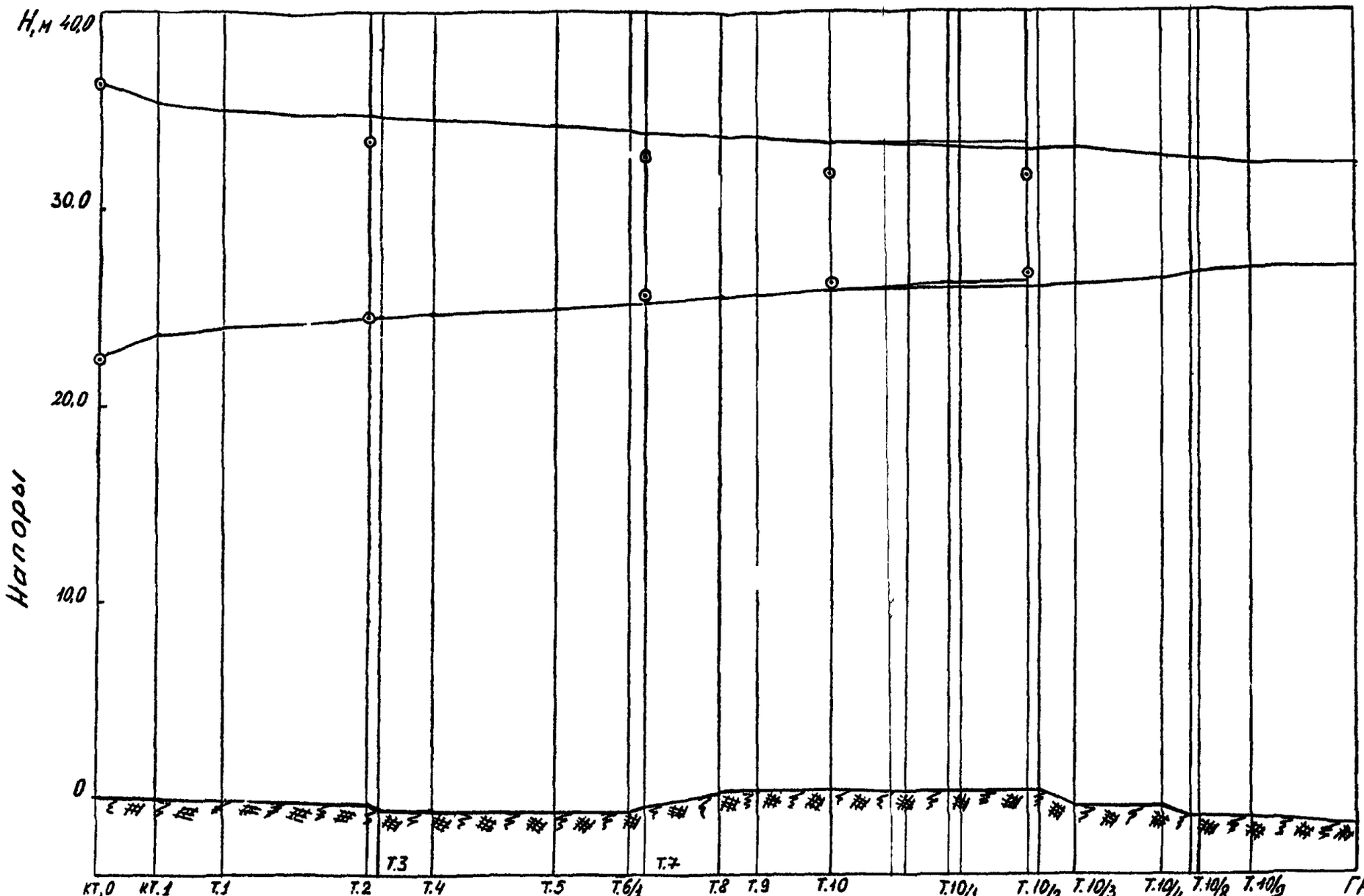
Давления при статическом режиме и соответствующие поправки приведены в таблице Д.3. Утечек воды в сети при статическом режиме практически не было – величина подпитки составляла 0,0002 т/ч.

Испытания проводились при эксплуатационном гидравлическом режиме работы тепловой сети и неработающих котельных агрегатах перед началом отопительного периода.

Измерения температуры производились в подающем и обратном коллекторах источника тепла с точностью 1 °С и составляли в период стабильного режима испытаний в среднем по подающей и обратной линиям 23 °С. Поскольку температуры в подающей и обратной линиях были одинаковыми, а утечка практически отсутствовала, то расходы воды в подающей или обратной линиях при проведении расчетов также принимались одинаковыми.

Измерения давлений и расходов в контрольных точках производились в соответствии с настоящей методикой. Осредненные результаты измерения давлений (напоров) и расходов воды в сети и на абонентских вводах приведены в таблицах Д.4 и Д.5.

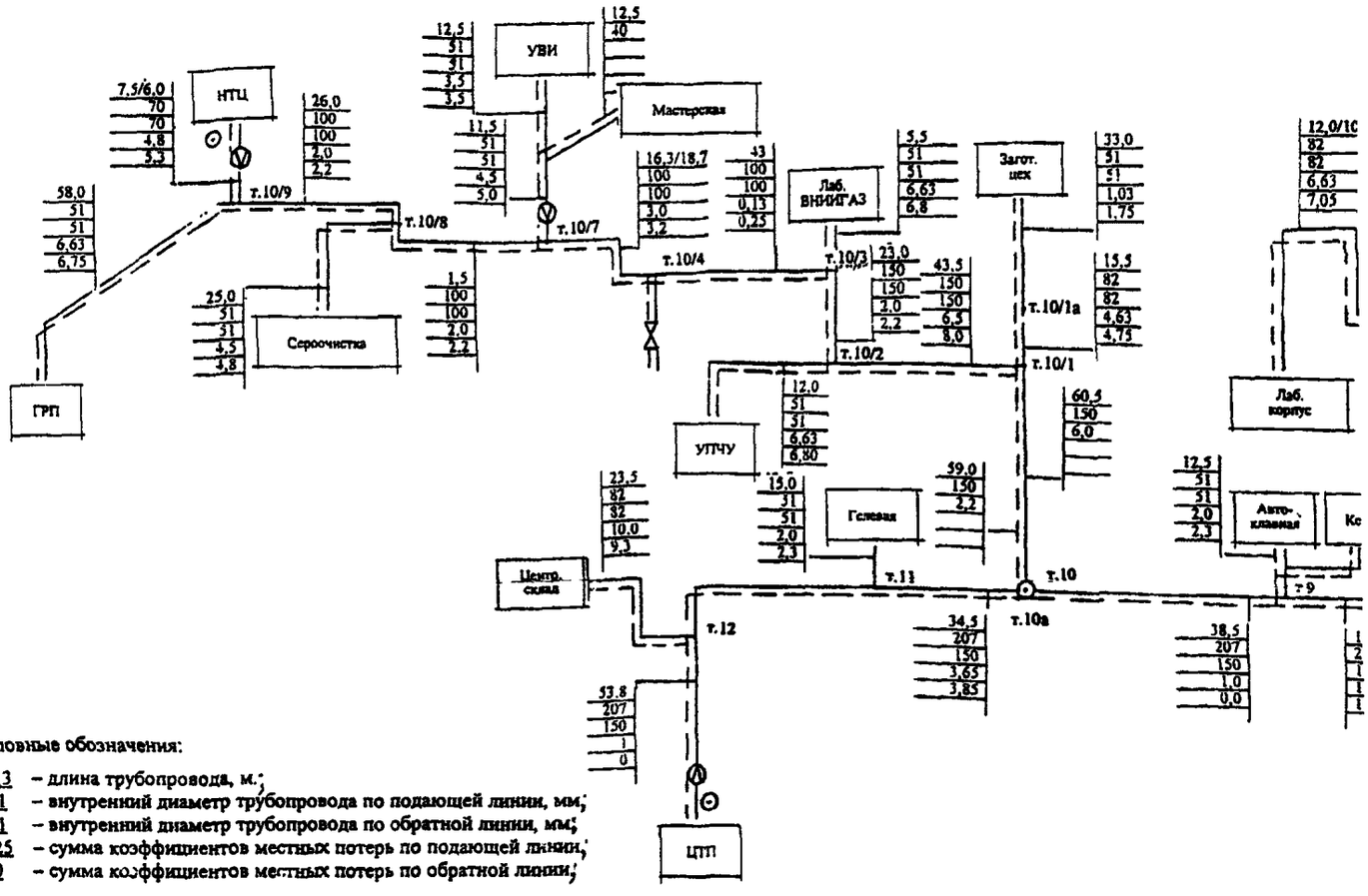
Из таблицы результатов измерений давлений следует, что потери напора по подающей линии ветви от т.10 до ЦТП значительно меньше возможной точности измерений, поэтому в дальнейшем гидравлические



Условные обозначения.
⊙ – давления (напоры) в контрольных точках, измерение при проведении испытаний.
Нулевая отметка местности соответствует 172,6 м.

Диаметр тр-да, мм	под.	207	311	311	259	259	259	207	207	207	150 / 207	207	150 / 207	150	100	100	100	51
	обр.	207	311	311	259	259	259	150	150	150	— / 150	150	150 / 150	150	100	100	100	51
Расход воды, м³/ч	под.	231,0	231,0	231,0	167,9	159,9	146,9	82,1	82,1	75,1	34,0 / 41,1	36,0	31,1 / 30,0	25,1	21,0	21,0	10,2	1,0
	обр.	231,0	231,0	231,0	167,9	159,9	146,9	82,1	82,1	75,1	34,0 / 41,1	36,0	31,1 / 30,0	25,1	21,0	21,0	10,2	1,0

Рисунок Д.2 – Пьезометрический график испытываемой тепловой сети

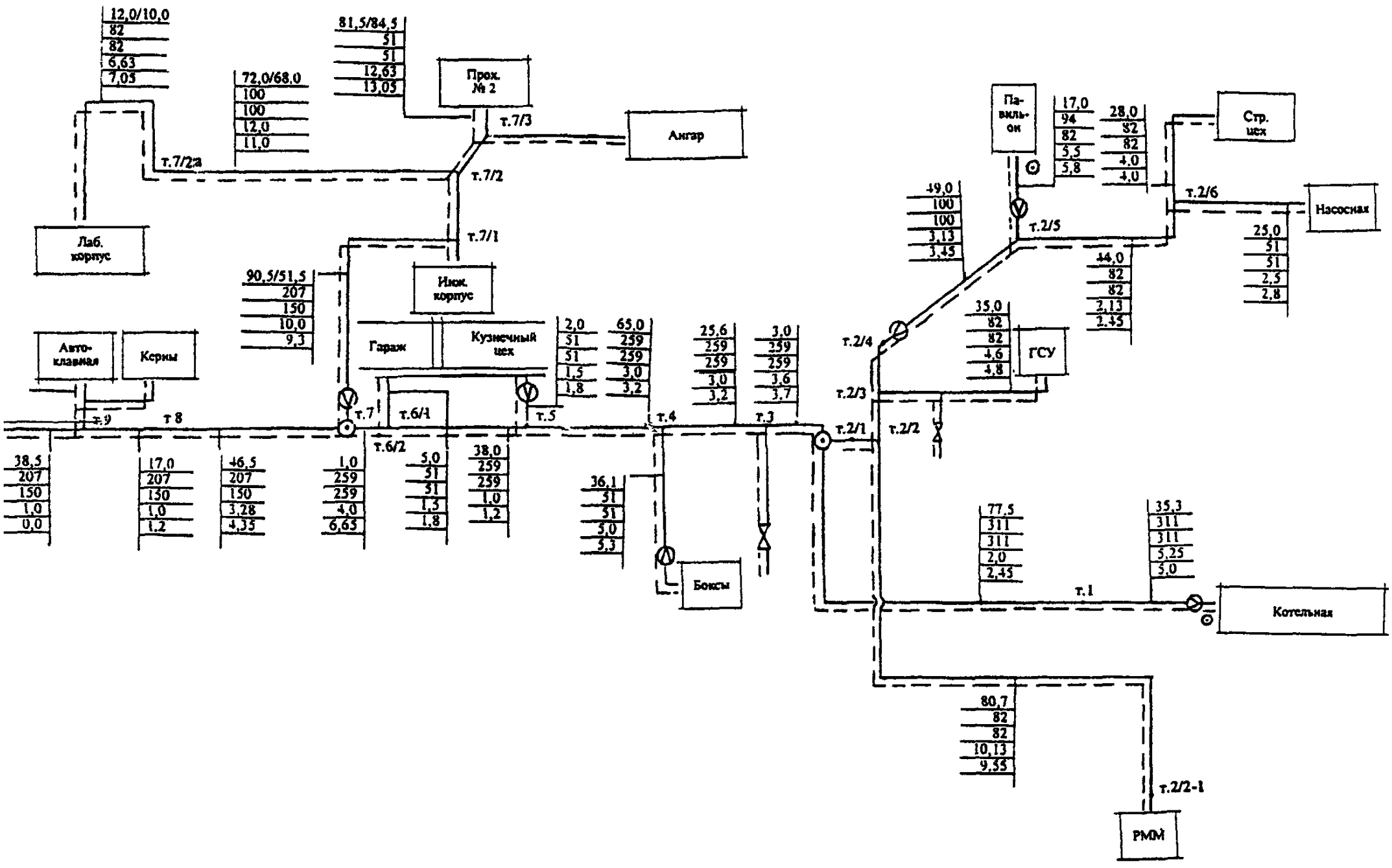


Условные обозначения:

35,3 – длина трубопровода, м.;
311 – внутренний диаметр трубопровода по подающей линии, мм;
311 – внутренний диаметр трубопровода по обратной линии, мм;
6,25 – сумма коэффициентов местных потерь по подающей линии;
5,0 – сумма коэффициентов местных потерь по обратной линии;

– места установки манометров; ⊙ – места установки расходомеров.

Рисунок Д1 – Расчетная схема испытываемой тепловой сети


12,0/10,0
82
82
6,63
7,05
72,0/68,0
100
100
12,0
11,0
81,5/84,5
51
51
12,63
13,05
Прох. № 2
т.7/3
Ангар
т.7/2а
т.7/2
т.7/1
Лаб. корпус
90,5/51,5
207
150
10,0
9,3
Инж. корпус
Авто-клавная
Керны
Гараж
Кузнечный цех
2,0
51
51
1,5
1,8
65,0
259
259
3,0
3,2
25,6
259
259
3,0
3,2
3,0
259
259
3,6
3,7
т.9
т 8
т.7
т.6/1
т.6/2
т.5
т.4
т.3
т.2/1
т.2/2
38,5
207
150
1,0
0,0
17,0
207
150
1,0
1,2
46,5
207
150
3,28
4,35
1,0
259
259
4,0
6,65
5,0
51
51
1,3
1,8
38,0
259
259
1,0
1,2
36,1
51
51
5,0
5,3
Боксы
Пави-льон
17,0
94
82
5,5
5,8
28,0
82
82
4,0
4,0
Стр. цех
т.2/6
Насосная
49,0
100
100
3,13
3,45
т.2/5
44,0
82
82
2,13
2,45
25,0
51
51
2,5
2,8
т.2/4
35,0
82
82
4,6
4,8
ГСУ
т.2/3
77,5
311
311
2,0
2,45
35,3
311
311
5,25
5,0
т.1
Котельная
80,7
82
82
10,13
9,35
т.2/2-1
РММ

характеристики участков подающей линии этой ветви приняты равными расчетным значениям.

В таблице Д.6 приведены расходы воды на абонентские вводы, определенные на основании расчетных нагрузок, а также и полученные в результате испытаний: непосредственными измерениями или распределением пропорционально расчетным значениям расходов воды, измеренных на ветвях сети и на источнике тепла.

При полученных значениях расходов воды у потребителей, располагаемом напоре на источнике тепла и расчетных гидравлических характеристиках участков проведен гидравлический расчет испытываемой сети и определены расчетные потери на участках и ветвях, а также полные напоры в узлах сети. Результаты гидравлического расчета для подающей и обратной линий сети приведены в таблицах Д.7 и Д.8.

Пьезометрический график расчетного гидравлического режима приведен на рисунке Д.2. Там же точками показаны измеренные при проведении испытаний давления (напоры) в контрольных точках.

Сопоставление расчетных и измеренных потерь напора на ветвях и результаты расчета фактических гидравлических потерь напора на участках испытываемой сети приведены в таблице Д.9.

Как следует из результатов сопоставления, отношение измеренных потерь напора на ветвях к расчетным h не превышает 1,15. Прямые измерения расходов при испытаниях в сумме составляют более 60 % расчетной присоединенной нагрузки потребителей. Поэтому второй этап испытаний не проводился.

Фактические гидравлические характеристики участков испытываемой тепловой сети, включая коэффициенты гидравлического трения λ и величину эквивалентной шероховатости $K_э$, приведены в таблице Д.10.

Полученные в результате испытаний коэффициенты эквивалентной шероховатости трубопроводов в целом по тепловой сети превосходят рекомендуемое в СНиП значение, равное 0,5 мм, несмотря на значительную протяженность переложенных участков. Кроме того, полученные значения $K_э$ не соответствуют характерным их изменениям, обусловленным различными сроками эксплуатации трубопроводов.

Такое состояние может объясняться прежде всего загрязнением тепловой сети, возникшем при перекладке и подключении новых трубопроводов. Поэтому в качестве основного мероприятия по снижению гидравлических потерь следует рекомендовать гидропневматическую промывку тепловой сети.

Таблица Д.1 – **Характеристики участков испытываемой тепловой сети**

Участок		Линия	Геодезическая отметка оси трубопровода конечного узла, м	Год прокладки	Строительная длина, м	Внутренний диаметр, мм	Предварительная величина эквивалентной шероховатости, мм	Характеристика местных сопротивлений								
начальный узел	конечный узел							коэф.	кол-во шт.	коэф.	кол-во шт.	коэф.	кол-во шт.	коэф.	кол-во шт.	сумма коэф.
1 кт.1	кт.0	о	172.6	1998	31.0	207	0.5	1.0	3	0.13	1					3.13
кт.0	кт.1	п	172.6	1998	30.5	207	0.5	1.0	2							2.0
2 кт.1	т.1	п	172.5	1998	35.3	311	0.5	1.0	5	0.25	1					5.25
кт.1	т.1	о		1998	35.3	311	0.5	1.0	5							5.0
3 т.1	т.2	п	172.5	1998	77.5	311	0.5	1.0	1					1.0	1	2.0
т.1	т.2	о		1998	77.5	311	0.5	1.0	1	0.25	1			1.2	1	2.45
4 т.2	т.3	п	172.1	1998	3.0	259	0.5	1.0	2	0.5	1	0.1	1	1.0	1	3.6
т.2	т.3	о		1998	3.0	259	0.5	1.0	2	0.5	1			1.2	1	3.7
5 т.3	т.4	п	172.0	1997	25.6	259	0.5	1.0	2					1.0	1	3.0
т.3	т.4	о		1997	25.6	259	0.5	1.0	2					1.2	1	3.2
6 т.4	т.5	п	172.0	1997	65.0	259	0.5	1.0	2					1.0	1	3.0
т 4	т 5	о		1997	65.0	259	0.5	1.0	2					1.2	1	3.2
7 т 5	т.6/1	п	172.0	1997	38.0	259	0.5							1.0	1	1.0
т.5	т.6/1	о		1997	38.0	259	0.5							1.2	1	1.2
8 т.6/1	т.7	п	172.0	1997	1.0	259	0.5	1.0	2					1.0	2	4.0
т.6/1	т.7	о		1997	1.0	259	0.5	1.0	4	0.25	1			1.2	2	6.65
9 т.7	т.8	п	172.8	1989	46.5	207	1.5			2.65	1	0.5	1	0.13	1	3.28
т.7	т.8	о		1997	46.5	150	0.5			2.65	1	0.5	1	1.2	1	4.35

Продолжение таблицы Д.1

Участок			Линия	Геодезическая отметка оси трубопровода конечного узла, м	Год прокладки	Строительная длина, м	Внутренний диаметр, мм	Предварительная величина эквивалентной шероховатости, мм	Характеристика местных сопротивлений								
начальный узел		конечный узел							коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	коэф	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	сумма коэф.
10	т.8	т.9	п	172.8	1989	17.0	207	1.5							1.0	1	1.0
	т.8	т.9	о		1997	17.0	150	0.5							1.2	1	1.2
11	т.9	т.10	п	172.8	1989	38.5	207	1.5							1.0	1	1.0
	т.9	т.10	о		1997	38.5	150	0.5									0.0
12	т.10	т.11	п	172.7	1989	34.5	207	1.5			2.65	1			1.0	1	3.65
	т.10	т.11	о		1997	34.5	150	0.5			2.65	1			1.2	1	3.85
13	т.11	т.12	п	172.8	1989	28.6	207	1.5	1.0	1					1.0	1	2.0
	т.11	т.12	о		1997	28.6	150	0.5	1.0	1					1.2	1	2.2
14	т.12	ЦТП	п	172.5	1989	53.8	207	1.5	1.0						1.0	1	1.0
	т.12	ЦТП	о		1997	53.8	150	0.5	1.0						1.2	1	0.0
15	т.4	Боксы	п	172.0	1994	36.1	51	0.5	1.0	3			0.5	1	1.5	1	5.0
	т.4	Боксы	о		1994	36.1	51	0.5	1.0	3			0.5	1	1.8	1	5.3
16	т.5	Куз.цех	п	173.0	1995	2.0	51	0.5							1.5	1	1.5
	т.5	Куз.цех	о		1995	2.0	51	0.5							1.8	1	1.8
17	т.6/1	Гараж	п	172.1	1996	5.0	51	0.5							1.5	1	1.5
	т.6/1	Гараж	о		1996	5.0	51	0.5							1.8	1	1.8
18	т.9	Автокл.	п	172.5	1996	12.5	51	0.5					0.5	1	1.5	1	2.0
	т.9	Автокл.	о		1996	12.5	51	0.5					0.5	1	1.8	1	2.3
19	т.11	Гелевая	п	172.5	1996	15.0	51	0.5					0.5	1	1.5	1	2.0
	т.11	Гелевая	о		1996	15.0	51	0.5					0.5	1	1.8	1	2.3

20	т.12	Ц.склад	п	172.8	1987	23.5	82	1.5	1.0	8			0.5	1	1.5	1	10.00
	т.12	Ц.склад	о		1987	23.5	82	1.5	1.0	7			0.5	1	1.8	1	9.3
21	т.2	т.2/1	п	171.0	1997	3.8	125	0.5	1.0	3	0.5	1			1.5	1	5.0
	т.2	т.2/1	о		1997	3.8	125	0.5	1.0	4	0.5	1	0.15	1	1.8	1	6.45
22	т.2/1	т.2/2	п	171.0	1997	1.5	150	0.5					1.25	1	1.0	1	1.25
	т.2/1	т.2/2	о		1997	1.5	150	0.5							1.2	1	1.2
23	т.2/2	т.2/3	п	172.0	1997	5.5	150	0.5	1.0	1					1.0		2.0
	т.2/2	т.2/3	о		1997	5.5	150	0.5	1.0	1					1.2		2.2
24	т.2/3	т.2/4	п	172.0	1997	2.0	150	0.5	1.0	2	0.5	1					2.5
	т.2/3	т.2/4	о		1997	2.0	150	0.5	1.0	2	0.5	1	0.25	1			2.75
25	т.2/4	т.2/5	п	172.0	1985	49.0	100	1.5	1.0	2			0.13	1	1.0	1	3.13
	т.2/4	т.2/5	о		1985	49.0	100	1.5	1.0	2			0.25	1	1.2	1	3.45
26	т.2/5	т.2/6	п	172.0	1987	44.0	82	1.5	1.0	1			0.13	1	1.0	1	2.13
	т.2/5	т.2/6	о		1987	44.0	82	1.5	1.0	1			0.25	1	1.2	1	2.45
27	т.2/2	т.2/2-1	п	172.0	1983	80.7	82	2.0	1.0	8	0.5	1	0.13	1	1.5	1	10.13
	т.2/2	т.2/2-1	о		1983	80.7	82	2.0	1.0	7	0.5	1	0.25	1	1.8	1	9.55
28	т.2/2-1	РММ	п	172.0	1990	0.5	82	1.0									5.5
	т.2/2-1	РММ	о		1991	0.5	82	1.0									6.3
29	т.2/3	ГСУ	п	171.5	1987	35.0	82	1.5	1.0	2	0.5	2			1.5	1	4.5
	т.2/3	ГСУ	о		1987	35.0	82	1.5	1.0	2	0.5	2			1.8	1	4.8
30	т.2/5	Пав-он	п	171.5	1987	17.0	94	1.5	1.0	3	0.5	2			1.5	1	5.5
	т.2/5	Пав-он	о		1987	17.0	82	1.5	1.0	3	0.5	2			1.8	1	5.8
31	т.2/6	Стр.цех	п	171.5	1987	28.0	82	1.5	1.0	3	0.5	3					4.0
	т.2/6	Стр.цех	о		1987	28.0	82	1.5	1.0	3	0.5	3					4.0
32	т.2/6	Насосн.	п	171.0	1987	25.0	51	1.5			0.5	2			1.5	1	2.5
	т.2/6	Насосн.	о		1987	25.0	51	1.5			0.5	2			1.8	1	2.8

Продолжение таблицы Д.1

Участок			Линия	Геодезическая отметка оси трубопровода конечного узла, м	Год прокладки	Строительная длина, м	Внутренний диаметр, мм	Предварительная величина эквивалентной шероховатости, мм	Характеристика местных сопротивлений								
начальный узел		конечный узел							коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	сумма коэф.
33	т.7	т.7/1	п	173.0	1989	50.5	207	1.5	1.0	7	0.5	1	1.0	1	1.5	1	10.0
	т.7	т.7/1	о		1996	51.5	150	0.5	1.0	7	0.5	1			1.8	1	9.3
34	т.7/1	т.7/2	п	173.0	1996	5.5	100	0.5	1.0	4	0.5	1			1.5	1	6.0
	т.7/1	т.7/2	о		1996	2.3	100	0.5	1.0	4	0.5	1			1.8	1	6.3
35	т.7/2	т.7/3	п	173.0	1996	76.0	82	0.5	1.0	8	0.5	1			1.0	1	9.5
	т.7/2	т.7/3	о		1996	66.0	82	0.5	1.0	8	0.5	1			1.2	1	9 7
36	т.7/1	Инж.кор.	п	172.9	1996	0.1	100	0.5									0
	т.7/1	Инж.кор.	о		1996	0.1	100	0.5									0
37	т.7/3	Прох.2	п	172.5	1984	8.0	51	1.5	1.0	10	0.5	2	0.13	1	1.5	1	12.63
	т.7/3	Прох.2	о		1984	8.0	51	1.5	1.0	10	0.5	2	0.25	1	1.8	1	13.05
38	т.7/3	Ангар	п	171.8	1984	10.0	82	1.5									0
	т.7/3	Ангар	о		1984	10.0	82	1.5									0
39	т.7/2	т.7/2а	п	172.0	1995	72.0	100	0.5	1.0	11	0.5	2					12.0
	т.7/2	т.7/2а	о		1995	68.0	100	0.5	1.0	10	0.5	2					11.0
40	т.7/2а	Лаб.к.	п	172.0	1983	12.0	82	1.5	1.0	4	0.5	2	0.13	1	1.5	1	6.63
	т.7/2а	Лаб.к.	о		1983	10.0	82	1.5	1.0	4	0.5	2	0.25	1	1.8	1	7.05
41	т.10	т.10/1	п	172.8	1996	60.5	150	0.5	1.0	3	0.5	1	1.0	1	1.5	1	6.0
42	т.7	т.10а	о	172.8	1996	102.0	150	0.5	1.0	3	0.5	1	2.65	1	1.8	1	7.95
43	т.10а	т.10/1	о	172.8	1996	59.0	150	0.5	1.0	1					1.2	1	2.2

44	т.10/1	т.10/2	п	172.8	1997	43.5	150	0.5	1.0	4			1.0	1	1.5	1	6.5
	т.10/1	т.10/2	о		1997	43.5	150	0.5	1.0	5			1.2	1	1.8	1	8.0
45	т.10/2	т.10/3	п	172.0	1997	23	150	0.5	1.0	1					1.0	1	2.0
	т.10/2	т.10/3	о		1997	23	150	0.5	1.0	1					1.2	1	2.2
46	т.10/3	т.10/4	п	172.0	1997	43	100	0.5									0.13
	т.10/3	т.10/4	о		1997	43	100	0.5									0.25
47	т.10/4	т.10/7	п	171.5	1997	16.3	100	0.5	1.0	2					1.0	1	3.0
	т.10/4	т.10/7	о		1997	18.7	100	0.5	1.0	2					1.2	1	3.2
48	т.10/7	т.10/8	п	171.5	1997	1.5	100	0.5	1.0	1					1.0	1	2.0
	т.10/7	т.10/8	о		1997	1.5	100	0.5	1.0	1					1.2	1	2.2
49	т.10/8	т.10/9	п	171.5	1997	26	100	0.5	1.0	1					1.0	1	2.0
	т.10/8	т.10/9	о		1997	26	100	0.5	1.0	1					1.2	1	2.2
50	т.10/9	НТЦ	п	171.0	1997	7.5	70	0.5	1.0	2					1.5	1	4.8
	т.10/9	НТЦ	о		1997	6.0	70	0.5	1.0	2					1.8	1	5.3
51	т.10/9	ГРП	п	171.0	1983	58	51	1.5	1.0	6	0.5	1	0.13	1			6.63
	т.10/9	ГРП	о		1983	58	51	1.5	1.0	6	0.5	1	0.25	1			6.75
52	т.10/1	т.10/1а	п	171.8	1983	15.5	82	1.5	1.0	4	0.5	1	0.13				4.63
	т.10/1	т.10/1а	о		1983	15.5	82	1.5	1.0	4	0.5	1	0.25				4.75
53	т.10/1а	Заг.цех	п	171.5	1983	33.0	51	1.5	1.0	1	0.5	1	0.13				4.63
	т.10/1а	Заг.цех	о		1983	33.0	51	1.5	1.0	1	0.5	1	0.25				1.75
54	т.10/2	УПЧУ	п	171.2	1994	12.0	51	0.5	1.0	4	0.5	2	0.13	1	1.5	1	6.63
	т.10/2	УПЧУ	о		1994	12.0	51	0.5	1.0	4	0.5	2			1.8	1	6.80
55	т.10/3	Лаб.вг	п	171.0	1994	5.5	51	0.5	1.0	4	0.5	2	0.13	1	1.5	1	6.63
	т.10/3	Лаб.вг	п		1994	5.5	51	0.5	1.0	4	0.5	2			1.8	1	6.80
56	т.10/7	Т.10/7а	п	171.0	1994	11.5	51	0.5	1.0	2			1.0	1	1.5	1	4.5
	т.10/7	т.10/7а	о		1994	11.5	51	0.5	1.0	2			1.2	1	1.8	1	5.0
57	т.10/7а	Маст.		171.0	1994	12.5	40	0.5									

Окончание таблицы Д.1

Участок		Линия	Геодезическая отметка оси трубопровода конечного узла, м	Год прокладки	Строительная длина, м	Внутренний диаметр, мм	Предварительная величина эквивалентной шероховатости, мм	Характеристика местных сопротивлений								
начальный узел	конечный узел							коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт.	коэф.	кол-во, шт	коэф.	кол-во, шт.	сумма коэф.
58 т.10/7а	УВИ	п	171.0	1994	12.5	51	0.5	1.0	3	0.5	1					3.5
т.10/7а	УВИ	о		1994	12.5	51	0.5	1.0	3	0.5	1					3.5
59 т.10/8	Серооч.	п	170.8	1981	25	51	1.5	1.0	2	0.5	2			1.5	1	4.5
т.10/8	Серооч.	о		1981	25	51	1.5	1.0	2	0.5	2			1.8	1	4.8

Таблица Д.2 – **Характеристики потребителей испытываемой тепловой сети**

Наименование	Расчетная нагрузка, Гкал/ч				Расчетные расходы воды, $м^3/ч$				Наличие расходомеров и регистрация расходов			Измерения давлений (тип прибора)	
	отопление	вентиляция	ГВС средняя	всего	отопление	вентиляция	ГВС	всего	под.	обр.	регист.	под.	обр.
1 РММ	0.440			0.4400	12.57			12.57					
2 ГСУ	0.200	0.180		0.3800	5.72	5.14		10.86					
3 Павильон	0.790			0.7900	22.60			22.60	да		да	МТИ	МТИ
4 Строй. цех	0.150	0.160		0.3100	4.26	4.54		8.90					
5 Насосная	0.060			0.0600	1.70			1.70					
6 Боксы	0.260			0.2600	7.40			7.40	да		да	МТИ	МТИ
7 Кузн. цех	0.230	0.19		0.4200	6.57	5.43		12.00	да		да	МТИ	МТИ
8 Гараж	0.470			0.4700	13.43			13.43					
9 Инж. корпус	0.350	0.260		0.6100	10.00	7.40		17.40					
10 Ангар	0.390			0.3900	11.10			11.10					
11 Проход. 2	0.130			0.1300	3.70			3.70					
12 Лаб. корпус	0.180	0.300		0.4800	5.14	8.56		13.70					
13 Автоклав.	0.220			0.2200	6.29			6.29					
14 Загот. цех	0.090			0.0900	2.57			2.57					
15 Лаб. ВНИИГ	0.130			0.1300	3.71			3.71				МТИ	МТИ
16 УПЧУ	0.070	0.120		0.190	2.00	3.43		5.43					
17 УВИ	0.090			0.0900	2.57			2.57					
18 Мастерск.	0.060			0.0600	1.71			1.71					
19 НТЦ	0.110	0.180		0.2900	3.14	5.15		8.29	да		да	МТИ	МТИ
20 Сероочист.	0.050	0.140		0.1900	1.43	4.00		5.43					
21 ГРП	0.030			0.0300	0.86			0.86					

Окончание таблицы Д.2

Наименование	Расчетная нагрузка, Гкал/ч				Расчетные расходы воды, $м^3/ч$				Наличие расходомеров и регистрация расходов			Измерения давлений (тип прибора)	
	отоп-ление	венти-ляция	ГВС средняя	всего	отоп-ление	венти-ляция	ГВС	всего	под.	обр.	регист.	под.	обр.
22 Гелеевая	0.160			0.1600	4.57			4.57					
23 Цент. склад	0.190			0.1900	5.43			5.43					
24 ЦТП	0.900			0.9000	25.70			25.70	да		да	МТИ	МТИ
ИТОГО:	5.750	1.530		7.280	164.2	43.7		207.9					

Таблица Д.3 – **Поправки на разность высот установки манометров**

Контрольная точка	Линия	Статическое давление p_c, кг/см^2	Напор Н, м	Поправка $\Delta H_г$, м
Коллектор котельной	п	2.61	26.2	+ 1.2
кт.0	о	2.49	5.0	0.0
т.2	п	2.52	25.3	+ 0.3
	о	2.55	25.6	+ 0.6
Павильон	п	2.49	25.0	0.0
	о	2.55	25.6	+ 0.6
т.7	п	2.64	26.5	+ 1.5
	о	2.58	25.9	+ 0.9
т.10	п	2.61	26.2	+ 1.2
ответв. на ЦТП	о	2.64	26.5	+ 1.5
ответв. на НТЦ	о	2.61	26.2	+ 1.2
ЦТП	п	2.67	26.8	+ 1.8
	о	2.67	26.8	+ 1.8
НТЦ	п	2.58	25.9	+ 0.9
	о	2.58	25.9	+ 0.9

Примечание – Плотность воды принята равной 999.2 кг/м^3 при ее температуре 16.0 °С

Таблица Д.4 – **Результаты измерения давлений в контрольных точках сети**

Контрольная точка	Линия	Давление p, кгс/см^2	Пьезометрический напор $H_p=p\cdot10^4/\rho$, м	Поправка на высоту установки манометра, $\Delta H_г$, м	Полный напор Н, м
Коллектор котельной	п	3.51	35.2	+ 1.2	36.4
кт.0	о	2.24	22.5	0.0	22.5
т.2	п	3.30	33.1	+ 0.3	33.4
	о	2.38	23.9	+ 0.6	24.5
Павильон	п	2.95	29.6	0.0	29.6
	о	2.82	28.3	+ 0.6	28 9
т.7	п	3.08	30.9	+ 1.5	32.4
	о	2.46	24.7	+ 0.9	25.6
т.10	п	3.06	30.7	+ 1.2	31.9
ответв. на ЦТП	о	2.46	24.7	+ 1.5	26.2
ответв. на НТЦ	о	2.47	24.8	+ 1.2	26.0
ЦТП	п	2.90	30.0	+1.8	31.8
	о	2.48	24.9	+ 1.8	26.7
НТЦ	п	2.95	29.6	+ 0.9	30.5
	о	2.65	26.6	+ 0.9	27.5

Таблица Д.5 – **Осредненные результаты измерения расходов**

Место измерения (потребитель или участок)	Линия	Расход, м^3/ч	Примечание
1 Котельная	п	231.0	у.з.р.
2 т.2/3 – т.2/4	п	37.0	у.з.р.
3 т.7 – т.7/1	п	49.9	у.з.р.
4 Павильон	п	25 0	эл.расх
5 Боксы	п	8.0	эл.расх.
6 Кузнеч. цех	п	13.0	эл.расх.
7 НТЦ	п	9.2	эл.расх.
8 ЦТП	п	30.0	эл.расх.

Условные обозначения.
у.з.р. – ультразвуковой переносной расходомер;
эл. расх. – стационарный электромагнитный расходомер узла учета

Таблица Д.6 – **Расходы воды у потребителей при испытаниях**

Наименование	Линия	Расчетный расход воды, $м^3/ч$	Расход воды при испытаниях, $м^3/ч$	Примечание
1 РММ	п	12.57	14.0	
2 ГСУ	п	10.86	12.1	
3 Павильон	п	22.60	25.0	Измер.
4 Строй. цех	п	8.90	10.0	
5 Насосная	п	1.70	2.0	
6 Боксы	п	7.40	8.0	Измер
7 Кузн. цех	п	12.00	13.0	Измер.
8 Гараж	п	13.43	14.9	
9 Инж. корпус	п	17.40	19.0	Измер.
10 Ангар	п	11.10	12.0	
11 Проход. 2	п	3.70	4.0	
12 Лаб. корпус	п	13.70	14.9	
13 Автоклав.	п	6.29	7.0	
14 Загот. цех	п	2.57	2.9	
15 Лаб. ВНИИГ	п	3.71	4.1	
16 УПЧУ	п	5.43	6.0	
17 УВИ	п	2.57	2.9	
18 Мастерск.	п	1.71	1.9	
19 НТЦ	п	8.29	9.2	Измер.
20 Сероочист.	п	5.43	6.0	
21 ГРП	п	0.86	1.0	
22 Гелеевая	п	4.57	5.1	
23 Цент. склад	п	5.43	6.0	
24 ЦТП	п	25.70	30.0	Измер.
ИТОГО:		207.9	231.0	

Таблица Д 7 – **Результаты гидравлического расчета подающей линии сети при фактических расходах воды**

Полный напор в узле кт.0 – 36 4 м

Начальный узел	Конечный узел	Гидравлическое сопротивление S_y, $(м ч^2)/м^6$	Расход воды на участке V_y, $м^3/ч$	Потери напора ΔН, м	Полный напор в кон узле Н, м
1 кт 0	кт 1	1 94Е-05	231 0	1 04	35 4
2 кт 1	т 1	5 28Е-06	231 0	0 28	35 1
3 т 1	т 2	5 11Е-06	231 0	0 27	34 9
4 т 2	т 3	5 48Е-06	167 9	0 15	34 7
5 т 3	т 4	7 48Е-06	167 9	0 21	34 5
6 т 4	т 5	1 25Е-05	159 9	0 32	34 2
7 т 5	т 6/1	6 22Е-06	146 9	0 13	34 0
8 т 6/1	т 7	6 67Е-06	132 0	0 12	33 9
9 т 7	т 8	3 65Е-05	82 1	0 25	33 7
10 т 8	т 9	1 26Е-05	82 1	0 09	33 6
11 т 9	т 10	2 42Е-05	75 1	0 14	33.4
12 т 10	т 11	3 13Е-05	41 1	0 05	33 4
13 т 11	т 12	2 24Е-05	36 0	0 03	33 4
14 т 12	ЦТП	3 25Е-05	30 0	0 03	33 3
15 т 4	Боксы	2 78Е-02	8 0	1 78	32 7
16 т 5	Куз цех	1 54Е-03	13 0	0 26	33 9
17 т 6/1	Гараж	3 84Е-03	14 9	0 85	33 2
18 т 9	Автокл	9 61Е-03	7 0	0 47	33 1
19 т 11	Гелевая	1 15Е-02	5 1	0 30	33 1
20 т 12	Ц склад	3 05Е-03	6 0	0 11	33 3
21 т 2	т 2/1	1 53Е-04	63 1	0 61	34 2
22 т 2/1	т 2/2	1 69Е-05	63 1	0 07	34 2
23 т 2/2	т 2/3	3 74Е-05	49 1	0 09	34 1
24 т 2/3	т 2/4	3 59Е-05	37 0	0 05	34 0
25 т 2/4	т 2/5	1 40Е-03	37 0	1 92	32 1
26 т 2/5	т 2/6	3 37Е-03	12 0	0 48	31 6
27 т 2/2	т 2/2-1	3 41Е-03	14 0	0 67	33 5
28 т 2/2-1	РММ	3 68Е-05	14 0	0 01	33 5
29 т 2/3	ГСУ	3 07Е-03	12 1	0 45	33 6
30 т 2/5	Пав-он	1 03Е-03	25 0	0 64	31 5
31 т 2/6	Стр цех	2 51Е-03	10 0	0 25	31 4
32 т 2/6	Насосн	2 34Е-02	2 0	0 09	31 5

Окончание таблицы Д.7

Начальный узел	Конечный узел	Гидравлическое сопротивление S_y, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Расход воды на участке V_y, $м^3/ч$	Потери напора ΔН, м	Полный напор в кон. узле Н, м
33 т.7	т.7/1	6.19E-05	49.9	0 15	33.8
34 т.7/1	т.7/2	4.85E-04	30.9	0.46	33.3
35 т.7/2	т.7/3	5.36E-03	16.0	1.37	31.9
36 т.7/1	Инж. кор	2.15E-06	19.0	0 00	33.8
37 т.7/3	Прох. 2	7.51E-03	4.0	0.12	31.8
38 т.7/3	Ангар	7.76E-04	12.0	0.11	31.8
39 т.7/2	т.7/2а	2.11E-03	14.9	0.47	32.8
40 т.7/2а	Лаб. к.	1.77E-03	14.9	0.39	32.4
41 т.10	т.10/1	2.10E-04	34.0	0 24	33.2
42 т.10/1	т.10/2	1.79E-04	31.1	0.17	33.0
43 т.10/2	т.10/3	7.63E-05	25.1	0.05	33.0
44 т.10/3	т.10/4	8.11E-04	21.0	0.36	32.6
45 т.10/4	т.10/7	4.96E-04	21.0	0.22	32.4
46 т.10/7	т.10/8	1.56E-04	16.2	0.04	32.4
47 т.10/8	т.10/9	6.13E-04	10.2	0.06	32.3
48 т.10/9	НТЦ	2.19E-03	9.2	0.18	32.1
49 т.10/9	ГРП	5.51E-02	1.0	0.06	32.3
50 т.10/1	т.10/1а	1.73E-03	2.9	0.01	33.2
51 т.10/1а	Заг. цех	2.93E-02	2.9	0.25	32.9
52 т.10/2	УПЧУ	8.84E-03	6.0	0.32	32.7
53 т.10/3	Лаб. вг	4.05E-03	4.1	0.07	32.9
54 т.10/7	т.10/7а	1.16E-02	4.8	0.27	32.1
55 т.10/7а	Маст.	3.30E-02	1.9	0.12	32.0
56 т.10/7а	УВИ	1.13E-02	2.9	0.10	32.0
57 т.10/8	Серооч.	2.53E-02	6.0	0.91	31.5

Таблица Д 8 – **Результаты гидравлического расчета обратной линии сети при фактических расходах воды**

Полный напор в узле кт 0 – 22 5 м

Начальный узел		Гидравлическое сопротивление S_y, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Расход воды на участке V_y, $м^3/ч$	Потери напора ΔН, м	Полный напор в кон узле Н, м
1 кт 0 о	кт 1	2 36E-05 о	-231 0	1 26	23 8
2 кт 1 о	т 1	5 11E-06 о	–231 0	0 27	24 0
3 т 1 о	т 2	5 41E-06 о	–231 0	0 29	24 3
4 т 2 о	т 3	5 62E-06 о	–167 9	0 16	24 5
5 т 3 о	т 4	7 77E-06 о	–167 9	0 22	24 7
6 т 4 о	т 5	1 27E-05 о	–159 9	0 33	25 0
7 т 5 о	т 6/1	6 50E-06 о	–146 9	0 14	25 2
8 т 6/1 о	т 7	1 04E-05 о	–132 0	0 18	25 3
9 т 7 о	т 8	1 58E-04 о	–48 1	0 37	25 7
10 т 8 о	г 9	5 29E-05 о	–48 1	0 12	25 8
11 т 9 о	т 10	8 55E-05 о	–41 1	0 14	26 0
12 т 10 о	т 11	1 25E-04 о	–41 1	0 21	26 2
13 т 11 о	г 12	9 12E-05 о	–36 0	0 12	26 3
14 т 12 о	ЦТП	1 20E-04 о	–30 0	0 11	26 4
15 т 4 о	Боксы	2 81E-02 о	–8 0	1 80	26 5
16 т 5 о	Куз цех	1 54E-03 о	–13 0	0 26	25 3
17 т 6/1 о	Гараж	3 84E-03 о	–14 9	0 85	26 0
18 т 9 о	Автокл	9 61E-03 о	–7 0	0 47	26 3
19 т 11 о	Гелевая	1 15E-02 о	–5 1	0 30	26 5
20 т 12 о	Ц склад	2 95E-03 о	–6 0	0 11	26 4
21 т 2 о	т 2/1	1 90E-04 о	–63 1	0 76	25 1
22 т 2/1 о	т 2/2	1 62E-05 о	–63 1	0 06	25 1
23 т 2/2 о	т 2/3	3 99E-05 о	–49 1	0 10	25 2
24 т 2/3 о	т 2/4	3 91E-05 о	–37 0	0 05	25 3
25 т 2/4 о	т 2/5	1 42E-03 о	–37 0	1 95	27 2
26 т 2/5 о	т 2/6	3 41E-03 о	–12 0	0 49	27 7
27 т 2/2 о	т 2/2-1	3 41E-03 о	–14 0	0 67	25 8
28 т 2/2-1 о	РММ	3 68E-05 о	–14 0	0 01	25 8
29 т 2/3 о	ГСУ	3 11E-03 о	–12 1	0 46	25 7
30 т 2/5 о	Пав-он	2 00E-03 о	–25 0	1 25	28 5
31 т 2/6 о	Стр цех	2 51E-03 о	–10 0	0 25	28 0
32 т 2/6	Насосн	2 37E-02 о	–2 0	0 09	27 8

Окончание таблицы Д.8

Начальный узел	Конечный узел	Гидравлическое сопротивление S_y, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Расход воды на участке V_y, $м^3/ч$	Потери напора ΔН, м	Полный напор в кон. узле Н, м
33 т.7 о	т.7/1 о	2.32E-04	–49.9	0.58	25.9
34 т.7/1 о	т.7/2 о	4.45E-04	–30.9	0.42	26.3
35 т.7/2 о	т.7/3 о	4.86E-03	–16.0	1.24	27.6
36 т.7/1 о	Инж. кор. о	2.15E-06	–19.0	0.00	25.9
37 т.7/3 о	Прох.2 о	7.51E-03	–4.0	0.12	27.7
38 т.7/3 о	Ангар о	7.76E-04	–12.0	0.11	27.7
39 т.7/2 о	т.7/2а о	1.97E-03	–14.9	0.44	26.8
40 т.7/2а о	Лаб. к. о	1.69E-03	–14.9	0.38	27.2
41 т.7 о	т.10а о	3.27E-04	–34.0	0.38	25.7
42 т.10а о	т.10/1 о	1.59E-04	–34.0	0.18	25.9
43 т.10/1 о	т.10/2 о	1.97E-04	–31.1	0.19	26.1
44 т.10/2 о	т.10/3 о	7.88E-05	–25.1	0.05	26.1
45 т.10/3 о	т.10/4 о	8.19E-04	–21.0	0.36	26.5
46 т.10/4 о	т.10/7 о	5.53E-04	–21.0	0.24	26.8
47 т.10/7 о	т.10/8 о	1.68E-04	–16.2	0.04	26.8
48 т.10/8 о	т.10/9 о	6.26E-04	–10.2	0.07	26.9
49 т.10/9 о	НТЦ о	2.14E-03	–9.2	0.18	27.0
50 т.10/9 о	ГРП о	5.52E-02	–1.0	0.06	26.9
51 т.10/1 о	т.10/1а о	1.75E-03	–2.9	0.01	25.9
52 т.10/1а о	Заг. цех о	2.95E-02	–2.9	0.25	26.2
53 т.10/2 о	УПЧУ о	8.84E-03	–6.0	0.32	26.4
54 т.10/3 о	Лаб. вг о	4.05E-03	–4.1	0.07	26.2
55 т.10/7 о	т.10/7а о	1.21E-02	–4.8	0.28	27.0
56 т.10/7а о	Маст. о	3.30E-02	–1.9	0.12	27.1
57 т.10/7а о	УВИ о	1.13E-02	–2.9	0.10	27.1
58 т.10/8 о	Сероч. о	2.56E-02	–6.0	0.92	27.7

Таблица Д.9 – **Распределение потерь напора по участкам сети**

Контрольные точки ветви нач. – кон.	Линия	Расчетные потери напора на ветви, $\Delta H^{р}$, м	Потери напора при испытаниях $\Delta H^{и}$, м	$h = \frac{\Delta H^{и}}{\Delta H^{р}}$	Участок ветви		Расчетные потери напора на участке $\Delta H^{р}_{у}$, м	Потери напора при испытаниях $\Delta H^{и}_{у} = \Delta H^{р}_{у} \cdot h$, м
					нач.	кон.		
кт.0 – т.2	п	1.59	1.50	0.943	кт.0	кт.1	1.04	0.98
					кт.1	т.1	0.28	0.26
					т.1	т.2	0.27	0.25
	о	1.82	2.00	1.099	кт.0	кт.1	1.26	1.38
					кт.1	т.1	0.27	0.30
					т.1	т.2	0.29	0.32
т.2–павильон	п	3.33	3.38	1.124	т.2	т.2/1	0.61	0.69
					т.2/1	т.2/2	0.07	0.08
					т.2/2	т.2/3	0.09	0.10
					т.2/3	т.2/4	0.05	0.05
					т.2/4	т.2/5	1.92	2.16
					т.2/5	Павильон	0.64	0.72
	о	4.17	4.40	1.055	т.2	т.2/1	0.76	0.80
					т.2/1	т.2/2	0.06	0.063
					т.2/2	т.2/3	0.10	0.11
					т.2/3	т.2/4	0.05	0.05
					т.2/4	т.2/5	1.95	2.06
					т.2/5	Павильон	1.25	1.32

т 2–т.7	п	0.93	1.00	1.075	т.2	т.3	0.15	0.16
					т.3	т.4	0.21	0.23
					т.4	т.5	0.32	0.34
					т.5	т.6/1	0.13	0.14
т.2–т.7	п	0.93	1.00	1.075	т.6/1	т.7	0.12	0.13
	о	1.03	1.10	1.068	т.2	т.3	0.16	0.17
					т.3	т.4	0.22	0.23
					т.4	т.5	0.33	0.35
					т.5	т.6/1	0.14	0.15
					т.6/1	т.7	0.18	0.192
т.7–т.10	п	0.48	0.50	1.042	т.7	т.8	0.25	0.26
					т.8	т.9	0.09	0.094
					т.9	т.10	0.14	0.146
	о	0.63	0.60	0.952	т.7	т.8	0.37	0.35
					т.8	т.9	0.12	0.11
					т.9	т.10	0.14	0.13
т.7–т.10а	о	0.38	0.40	1.053	т.7	т.10а	0.38	0.40
т.10–ЦТП	п	0.11	0.10*	0.909	т.10	т.11	0.05	0.05*
					т.11	т.12	0.03	0.03*
					т.12	ЦТП	0.03	0.03*
	о	0.44	0.50	1.136	т.10	т.11	0.21	0.24
					т.11	т.12	0.12	0.14
					т.12	ЦТП	0.11	0.12

Окончание таблицы Д.9

Контрольные точки ветви нач – кон.	Линия	Расчетные потери напора на ветви, $\Delta H^{р}$, м	Потери напора при испытаниях $\Delta H^{и}$, м	$h = \frac{\Delta H^{и}}{\Delta H^{р}}$	Участок ветви		Расчетные потери напора на участке $\Delta H^{р}_{у}$, м	Потери напора при испытаниях $\Delta H^{и}_{у} = \Delta H^{р}_{у} \cdot h$, м
					нач.	кон.		
т.10–НТЦ	п	1.32	1.40	1.061	т.10	т.10/1	0.24	0.255
					т.10/1	т.10/2	0.17	0.18
					т.10/2	т.10/3	0.05	0.054
					т.10/3	т.10/4	0.36	0.382
					т.10/4	т.10/7	0.22	0.233
					т.10/7	т.10/8	0.04	0.042
					т.10/8	т.10/9	0.06	0.064
					т.10/9	НТЦ	0.18	0.19
т.10а–НТЦ	о	1.31	1.50	1.145	т.10а	т.10/1	0.18	0.206
					т.10/1	т.10/2	0.19	0.218
					т.10/2	т.10/3	0.05	0.057
					т.10/3	т.10/4	0.36	0.412
					т.10/4	т.10/7	0.24	0.275
					т.10/7	т.10/8	0.04	0.046
					т.10/8	т.10/9	0.07	0.08
					т.10/9	НТЦ	0.18	0.206

Примечание – На ветви т.10-ЦТП потери напора в подающей линии, обозначенные (*), существенно меньше достижимой точности измерений, поэтому для участков этой ветви в результатах приняты расчетные значения.

Гидравлические характеристики участков по результатам испытаний

Участок сети			Линия	Длина L, м	Внутренний диаметр $D_в$, мм	Суммарный коэффициент местных потерь $\Sigma\xi$	Расход воды V, $м^3/ч$	Скорость w, м/с	Общая потеря напора ΔH, м	Гидравлическое сопротивление S, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Коэффициент гидравлического трения λ	Эквивалентная шероховатость $K_э$, мм
	нач.	конечн.										
1	кт.1	кт.0	о	31.0	207	3.13	231.0	1.907	0.98	$1.84 \cdot 10^{-5}$	0.0145	0.06
	кт.0	кт.1	п	30.5	207	2.0			1.45	$2.59 \cdot 10^{-5}$	0.0371	2.68
2	кт.1	т.1	п	35.3	311	5.25	231.0	0.845	0.26	$4.87 \cdot 10^{-6}$	0.0168	0.17
	кт.1	т.1	о	35.3	311	5.0			0.31	$5.62 \cdot 10^{-6}$	0.0290	1.50
3	т.1	т.2	п	77.5	311	2.0	231.0	0.845	0.25	$4.69 \cdot 10^{-6}$	0.0196	0.31
	т.1	т.2	о	77.5	311	2.45			0.33	$6.00 \cdot 10^{-6}$	0.0255	0.90
4	т.2	т.2/1	п	3.8	125	5.0	63.1	1.429	0.69	$1.73 \cdot 10^{-4}$	0.053	6.74
	т.2	т.2/1	о	3.8	125	6.45			0.80	$2.01 \cdot 10^{-4}$	0.041	2.41
5	т.2/1	т.2/2	п	1.5	150	1.25	63.1	0.992	0.08	$2.01 \cdot 10^{-5}$	0.052	7.43
	т.2/1	т.2/2	о	0.5	150	1.2			0.063	$1.58 \cdot 10^{-5}$	0.016	0.07
6	т.2/2	т.2/3	п	5.5	150	2.0	49.1	0.772	0.10	$4.15 \cdot 10^{-5}$	0.035	1.54
	т.2/2	т.2/3	о	5.5	150	2.2			0.11	$4.56 \cdot 10^{-5}$	0.039	2.37
7	т.2/3	т.2/4	п	2.0	150	2.5	37.0	0.582	0.05	$3.65 \cdot 10^{-5}$	0.030	0.82
	т.2/3	т.2/4	о	2.0	150	2 75			0.053	$3.87 \cdot 10^{-5}$	0.0243	0.36
8	т.2/4	т.2/5	п	49 0	100	3.13	37.0	1.309	2.16	$1.58 \cdot 10^{-3}$	0.044	2.60
	т 2/4	т.2/5	о	49.0	100	3.45			2.06	$1.51 \cdot 10^{-3}$	0.041	1.99
9	т.2/5	Пав-он	п	17.0	94	5.5	25.0	1.001	0.72	$1.15 \cdot 10^{-3}$	0.0475	3.20
	т.2/5	Пав-он	о	17.0	82	5.8		1.316	1.32	$2.11 \cdot 10^{-3}$	0.0443	2.16
10	т.2	т.3	п	3.0	259	3.6	167.9	0.886	0.16	$5.68 \cdot 10^{-6}$	0.0356	2.80
	т.2	т.3	о	3.0	259	3.7			0.17	$6.03 \cdot 10^{-6}$	0.0483	9.64

Окончание таблицы Д.10

Участок сети		Линия	Длина L, м	Внутренний диаметр $D_в$, мм	Суммарный коэффициент местных потерь $\Sigma\xi$	Расход воды V, $м^3/ч$	Скорость w, м/с	Общая потеря напора ΔH, м	Гидравлическое сопротивление S, $(м \cdot ч^2)/м^6$	Коэффициент гидравлического трения λ	Эквивалентная шероховатость $K_э$, мм
нач.	конечн.										
11 т.3	т.4	п	25.6	259	3.0	167.9	0.886	0.23	$8.16 \cdot 10^{-6}$	0.028	1.09
т.3	т.4	о	25.6	259	3.2			0.23	$9.22 \cdot 10^{-6}$	0.0259	0.80
12 т.4	т.5	п	65.0	259	3.0	159.9	0.843	0.34	$1.33 \cdot 10^{-5}$	0.0255	0.75
т.4	т.5	о	65.0	259	3.2			0.35	$1.37 \cdot 10^{-5}$	0.0258	0.79
13 т.5	т.6/1	п	38.0	259	1.0	146.9	0.775	0.14	$6.49 \cdot 10^{-6}$	0.0244	0.63
т.5	т.6/1	о	38.0	259	1.2			0.15	$6.95 \cdot 10^{-6}$	0.0253	0.72
14 т.6/1	т.7	п	8.0	259	4.0	132.0	0.696	0.13	$7.46 \cdot 10^{-6}$	0.041	5.06
т.6/1	т.7	о	8.0	259	6.65			0.19	$1.10 \cdot 10^{-5}$	0.0367	3.22
15 т.7	т.8	п	46.5	207	3.28	82.1	0.678	0.26	$3.85 \cdot 10^{-5}$	0.0348	2.07
т.7	т.8	о	46.5	150	4.35	48.1	0.756	0.35	$1.51 \cdot 10^{-4}$	0.0247	0.38
16 т.8	т.9	п	17.0	207	1.0	82.1	0.678	0.09	$1.39 \cdot 10^{-5}$	0.037	2.54
т.8	т.9	о	17.0	150	1.2	48.1	0.756	0.11	$4.75 \cdot 10^{-5}$	0.0227	0.27
17 т.9	т.10	п	38.5	207	1.0	75.1	0.620	0.15	$2.58 \cdot 10^{-5}$	0.0346	2.03
т.9	т.10	о	38.5	150	0.0	41.1	0.646	0.13	$7.69 \cdot 10^{-5}$	0.0238	0.33
18 т.7	т.10а	о	102.01	150	7.95	34.0	0.535	0.40	$3.46 \cdot 10^{-4}$	0.0287	0.70
19 т.10	т.11	п	34.5	207	3.65	41.1	0.339	0.053	$3.13 \cdot 10^{-5}$	0.0322	1.5"
т.10	т.11	о	34.5	150	3.85		0.646	0.24	$1.42 \cdot 10^{-4}$	0.0322	1.01
20 т.11	т.12	п	28.6	207	2.0	36.0	0.297	0.029	$2.24 \cdot 10^{-5}$	0.0	1.5"
т.11	т.12	о	28.6	150	2.2		0.566	0.14	$1.08 \cdot 10^{-4}$	0.0334	1.27
21 т.12	ЦТП	п	53.8	207	1.	30.0	0.248	0.029	$3.25 \cdot 10^{-5}$	0.0	1.5"
т.12	ЦТП	о	53.8	150	0.0		0.472	0.12	$1.33 \cdot 10^{-4}$	0.0294	0.77

22	т.10	т.10/1	п	60.5	150	6.0	34.0	0.535	0.26	$2.21 \cdot 10^{-4}$	0.0286	0.69
	т.10а	т.10/1	о	59.0	150	2.2			0.21	$1.78 \cdot 10^{-4}$	0.030	0.87
23	т.10/1	т.10/2	п	43.5	150	6.5	31.1	0.489	0.18	$1.86 \cdot 10^{-4}$	0.0285	0.55
	т.10/1	т.10/2	о	43.5	150	8.0			0.22	$2.25 \cdot 10^{-4}$	0.034	1.24
24	т.10/2	т.10/3	п	23	150	2.0	25.1	0.395	0.054	$8.57 \cdot 10^{-5}$	0.0313	0.83
	т.10/2	т.10/3	о	23	150	2.2			0.057	$9.04 \cdot 10^{-5}$	0.0325	0.98
25	т.10/3	т.10/4	п	43	100	0.13	21.0	0.743	0.38	$8.66 \cdot 10^{-4}$	0.0313	0.66
	т.10/3	т.10/4	о	43	100	0.25			0.41	$9.34 \cdot 10^{-4}$	0.0335	0.86
26	т.10/4	т.10/7	п	16.3	100	3.0	21.0	0.743	0.23	$5.28 \cdot 10^{-4}$	0.0324	0.75
	т.10/4	т 10/7	о	18.7	100	3.2			0.28	$6.24 \cdot 10^{-4}$	0.0352	1.05
27	т.10/7	т.10/8	п	1.5	100	2.0	16.2	0.573	0.042	$1.60 \cdot 10^{-4}$	0.034	0.91
	т.10/7	т.10/8	о	1.5	100	2.2			0.046	$1.75 \cdot 10^{-4}$	0.036	1.15
28	т.10/8	т.10/9	п	26	100	2.0	10.2	0.361	0.064	$6.15 \cdot 10^{-4}$	0.0294	0.33
	т.10/8	т.10/9	о	26	100	2.2			0.08	$7.69 \cdot 10^{-4}$	0.038	0.98
29	т.10/9	НТЦ	п	7.5	70	4.8	9.2	0.664	0.19	$2.24 \cdot 10^{-3}$	0.034	0.64
	т.10/9	НТЦ	о	6.0	70	5.3			0.21	$2.43 \cdot 10^{-3}$	0.045	1.96

Содержание

1 Общие положения 2

2 Подготовка к испытаниям 4

3 Проведение испытаний (этап 1) 7

4 Проведение испытаний (этап 2) 13

5 Анализ и использование результатов испытаний 14

6 Рекомендуемая измерительная аппаратура 14

Приложение А Основные понятия и формулы для гидравлических расчетов 17

Приложение Б Рекомендуемые формы таблиц характеристик участков тепловой сети и абонентских вводов 21

Приложение В Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений 22

Приложение Г Рекомендуемые формы таблиц обработки результатов испытаний 24

Приложение Д Пример проведения испытаний тепловой сети на гидравлические потери 26

Подписано в печать 14 11 01 Формат 60×90 1/16 Печать офсетная.
Печ. л. 3,25. Тираж 350 экз Заказ № 17

ПМБ ВТИ 109280, Москва. ул Автозаводская, 14/23

gost.e-ecolog.ru