

**МЕТОДИКА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

**ЧЕРЕЗ ТЕПЛОВУЮ ИЗОЛЯЦИЮ
ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНЫХ
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

УТВЕРЖДЕНО

Департамент государственного
энергетического надзора
Министерства энергетики
Российской Федерации

24 февраля 2004 г.

МЕТОДИКА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ
ЧЕРЕЗ ТЕПЛОВУЮ ИЗОЛЯЦИЮ ТРУБОПРОВОДОВ
ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Москва
«Издательство НЦ ЭНАС»
2004

УДК 621.64 (083.7)

ББК 31.38

М54

М54 **Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения.**– М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 56 с.

ISBN 5-93196-534-3

Методика устанавливает порядок определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения, часть потребителей которых оснащена приборами учета. Фактические потери тепловой энергии для потребителей, имеющих измерительные приборы, определяются на основании показаний теплосчетчиков, а для потребителей, не оснащенных приборами учета, – расчетным путем.

Потери тепловой энергии, определенные по настоящей Методике, должны рассматриваться, как исходная база для составления энергетических характеристик тепловой сети, а также для разработки технических мероприятий по снижению фактических потерь тепловой энергии.

Методика утверждена Руководителем Департамента государственного энергетического надзора Министерства энергетики РФ 20 февраля 2004 г.

Для организаций, осуществляющих энергетическое обследование теплоснабжающих предприятий, а также для предприятий и организаций, эксплуатирующих тепловые сети, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

УДК 621.64 (083.7)

ББК 31.38

ISBN 5-93196-534-3

© Некоммерческое Партнерство «Российское теплоснабжение», 2004

© Макет, оформление. ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2004

Разработано: ЗАО Научно-производственный комплекс
«Вектор», Московский энергетический институт
(Технический университет)

Исполнители: Тищенко А.А., Щербаков А.П.

Под общей редакцией Семенова В.Г.

Утверждено Руководителем Департамента государственного
энергетического надзора Министерства энергетики
РФ 20 февраля 2004 г.

Настоящая «Методика...» устанавливает порядок определения фактических потерь тепловой энергии¹ через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения, часть потребителей которых оснащена приборами учета. Фактические потери тепловой энергии для потребителей, имеющих измерительные приборы, определяются на основании показаний теплосчетчиков, а для потребителей, неоснащенных приборами учета, – расчетным путем.

В основу «Методики...» положен расчетно-экспериментальный метод оценки потерь тепловой энергии, изложенный в [1].

«Методика...» предназначена для организаций, осуществляющих энергетическое обследование теплоснабжающих предприятий, а также для предприятий и организаций, эксплуатирующих тепловые сети, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

Потери тепловой энергии, определенные по настоящей «Методике...», должны рассматриваться, как исходная база для составления энергетических характеристик тепловой сети, а также для разработки технических мероприятий по снижению фактических потерь тепловой энергии.

¹ Термины и определения приведены в приложении А.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью настоящей «Методики...» является определение фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения без проведения специальных испытаний. Потери тепловой энергии определяются для всей тепловой сети, подключенной к единому источнику тепловой энергии. Определение фактических потерь тепловой энергии по отдельным участкам тепловой сети не проводится.

Определение потерь тепловой энергии по данной «Методике...» предполагает наличие аттестованных узлов учета тепловой энергии на источнике тепловой энергии и у потребителей тепловой энергии. Количество потребителей, оснащенных приборами учета, должно быть не менее 20 % от общего количества потребителей данной тепловой сети.

Приборы учета должны иметь архив с часовой и суточной регистрацией параметров. Глубина часового архива должна составлять не менее 720 часов, суточного – не менее 30 суток.

Основным при проведении расчетов потерь тепловой энергии является часовой архив теплосчетчиков. Суточный архив используется, если часовые данные по каким-либо причинам отсутствуют.

Определение фактических потерь тепловой энергии проводится на основании измерений расхода и температуры сетевой воды в подающем трубопроводе¹ у потребителей, имеющих приборы учета, и температуры сетевой воды на источнике тепловой энергии. Потери тепловой энергии для потребителей, не имеющих измерительных приборов, определяются расчетным путем по настоящей «Методике...».

Источниками и потребителями тепловой энергии в настоящей «Методике...» считаются:

1. при отсутствии приборов учета непосредственно в зданиях: источники тепловой энергии – теплоэлектростанции, котельные и т.п.; потребители тепловой энергии – центральный (ЦТП) или индивидуальный (ИТП) тепловые пункты;

¹ Условные обозначения величин приведены в приложении Б.

2. при наличии приборов учета непосредственно в зданиях (помимо п. 1): источники тепловой энергии – центральные (ЦТП) тепловые пункты; потребители тепловой энергии – непосредственно здания.

Для удобства проведения расчетов потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию подающий трубопровод в данной «Методике...» разграничивается на: основной трубопровод и ответвление от основного трубопровода.

Основной трубопровод – это часть подающего трубопровода от источника тепловой энергии до тепловой камеры, из которой существует ответвление к потребителю тепловой энергии.

Ответвление от основного трубопровода – это часть подающего трубопровода от соответствующей тепловой камеры до потребителя тепловой энергии.

При определении фактических потерь тепловой энергии используются нормативные значения потерь, определяемые по нормам потерь тепловой энергии для тепловых сетей, тепловая изоляция которых была выполнена по нормам проектирования [2] или [3] (нормы уточняются по проектной и исполнительной документации).

Перед проведением расчетов:

производится сбор исходных данных о тепловой сети;

составляется расчетная схема тепловой сети, на которой указываются условный проход (условный диаметр), длина и тип прокладки трубопроводов для всех участков тепловой сети;

собираются данные по подключенной нагрузке всех потребителей сети;

устанавливаются тип приборов учета, наличие у них часового и суточного архивов.

При отсутствии централизованного сбора данных приборов учета тепловой энергии производится подготовка соответствующих устройств для сбора: адаптера или переносного компьютера. Переносной компьютер должен быть оснащен специальной программой, поставляемой вместе с прибором учета, которая позволяет считывать часовой и суточный архивы с установленных теплосчетчиков.

Для повышения точности определения потерь тепловой энергии предпочтительно осуществлять сбор данных приборов учета за некоторый временной интервал в неотапительный период, когда расход сетевой воды минимальный, предварительно уточнив в теплоснабжающей организации о плановых отключениях подачи тепловой энергии потребителям, чтобы это время исключить из периода сбора данных измерительных приборов.

2. СБОР И ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.1. СБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

На основании проектной и исполнительной документации по тепловой сети составляется таблица характеристик всех участков тепловой сети (табл. В.1 приложения В).

Участком тепловой сети считается участок трубопровода, отличающийся от других одним из следующих признаков (которые указываются в табл. В.1 приложения В):

условным проходом трубопровода (условным диаметром трубопровода);

типом прокладки (надземная, подземная канальная, подземная бесканальная);

материалом основного слоя теплоизоляционной конструкции (тепловой изоляцией);

годом прокладки.

Также в табл. В.1 приложения В указываются:

наименование начального и конечного узлов участка;

длина участка.

На основании данных метеослужбы составляется таблица среднемесячных температур наружного воздуха $t_n^{мес}$, °С, и грунта $t_{гр}^{мес}$, °С, на различных глубинах заложения трубопроводов, усредненных за последние пять лет (табл. Г.1 приложения Г). Среднегодовые температуры наружного воздуха $t_n^{ср}$, °С, и грунта $t_{гр}^{ср}$, °С, определяются, как среднеарифметические из среднемесячных значений за весь период эксплуатации тепловой сети.

На основании утвержденного температурного графика отпуска тепловой энергии на источнике тепловой энергии определяются среднемесячные температуры сетевой воды в подающем $t_n^{мес}$, °С, и обратном $t_o^{мес}$, °С, трубопроводах (табл. Г.1 приложения Г). Среднемесячные температуры сетевой воды определяются по среднемесячной температуре наружного воздуха. Среднегодовые температуры сетевой воды в подающем $t_n^{ср}$, °С, и обратном $t_o^{ср}$, °С, трубопроводах определя-

ются, как среднеарифметические из среднемесячных значений с учетом продолжительности работы сети по месяцам и за год.

На основании данных службы учета теплотребления теплоснабжающей организации составляется таблица, в которой для каждого потребителя указывается (табл. Д.1 приложения Д):

- наименование потребителя тепловой энергии;
- тип системы теплоснабжения (открытая или закрытая);
- присоединенная нагрузка системы отопления;
- присоединенная нагрузка системы вентиляции;
- присоединенная средняя нагрузка системы горячего водоснабжения;

- наименование (марка) приборов учета;
- глубина архивов (суточного и часового);
- наличие или отсутствие централизованного сбора данных.

При наличии централизованного сбора данных по результатам измерений выбирается период, за который будут определяться потери тепловой энергии. При этом необходимо учитывать следующее:

- для повышения точности определения потерь тепловой энергии желательно выбирать период с минимальным расходом сетевой воды (обычно это неотопительный период);

- в выбранный период не должно осуществляться плановых отключений потребителей от тепловой сети;

- данные измерений собираются не менее, чем за 30 календарных дней.

При отсутствии централизованного сбора данных необходимо в течение 3–5 дней собрать часовой и суточный архивы приборов учета у потребителей тепловой энергии и на источнике тепловой энергии, используя адаптер или переносной компьютер с установленной программой для считывания данных с соответствующего типа теплосчетчика.

Для определения потерь тепловой энергии необходимо иметь следующие данные:

- расход сетевой воды в подающем трубопроводе у потребителей тепловой энергии;

- температура сетевой воды в подающем трубопроводе у потребителей тепловой энергии;

- расход сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии;

- температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах на источнике тепловой энергии;

- расход подпиточной воды на источнике тепловой энергии.

2.2. ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА

Основная задача обработки данных приборов учета состоит в преобразовании исходных файлов, считываемых непосредственно с теплосчетчиков, в единый формат, позволяющий проводить последующую верификацию (проверку на достоверность) измеренных значений параметров теплопотребления и расчеты.

Для разных типов теплосчетчиков данные считываются в различных форматах и требуют особых процедур обработки. Для одного типа теплосчетчиков у разных потребителей параметры, сохраненные в архиве, могут потребовать использования различных коэффициентов приведения исходных данных к единым физическим величинам. Различие этих коэффициентов определяется диаметром преобразователя расхода и характеристикой импульсных входов вычислителя. Поэтому первоначальная обработка результатов измерений требует индивидуального подхода для каждого файла исходных данных.

Суточные и часовые значения параметров теплоносителя используются для верификации измеренных значений. При проведении этой процедуры основное внимание следует обращать на следующее:

значения температур и расходов теплоносителя не должны выходить за физически обоснованные пределы;

в суточном файле не должно быть резких изменений расхода теплоносителя;

значения среднесуточной температуры теплоносителя в подающем трубопроводе у потребителей не должны превышать среднесуточные значения температуры в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии;

изменение среднесуточной температуры теплоносителя в подающем трубопроводе у потребителей должно соответствовать изменению среднесуточной температуры в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии.

По результатам верификации исходных данных приборов учета составляется таблица, в которой для каждого потребителя тепловой энергии, имеющего приборы учета, и для источника тепловой энергии указывается тот период, когда достоверность исходных данных не вызывает сомнения. На основании этой таблицы выбирается общий период, за который имеются достоверные результаты измерений для всех потребителей и на источнике тепловой энергии (период наличия данных).

Используя часовой файл данных, полученный на источнике тепловой энергии, определяется количество часов в периоде измерений n_n , данные за которые будут использоваться для последующей обработки.

Перед определением периода измерений вычисляется время заполнения всех подающих трубопроводов теплоносителем τ_n , с, по формуле:

$$\tau_n = \frac{V_n \cdot \rho}{G_n^{\text{нст}}}, \quad (2.1)$$

где V_n – суммарный объем всех подающих трубопроводов тепловой сети, м^3 ;

ρ – плотность воды при средней за первые сутки периода наличия данных температуре сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$G_n^{\text{нст}}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу на источнике тепловой энергии, $\text{кг}/\text{с}$.

Период измерений должен удовлетворять следующим условиям: средняя температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии за время τ_n , предшествующее началу периода измерений, и средняя температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии за время τ_n в конце периода измерений отличается не более, чем на 5°C ;

период измерений полностью содержится в периоде наличия данных;

период измерений должен быть непрерывным и составлять не менее 240 часов.

Если такой период невозможно выбрать из-за отсутствия данных у одного или нескольких потребителей, то данные приборов учета этих потребителей в дальнейшем расчете не используются.

Количество оставшихся потребителей, у которых имеются данные приборов учета, должно составлять не менее 20 % от общего числа потребителей данной тепловой сети.

Если количество потребителей с приборами учета стало меньше 20 %, необходимо выбрать другой период для сбора данных и проделать процедуру верификации заново.

Для данных, полученных на источнике тепловой энергии, определяется средняя за период измерений температура сетевой воды в

подающем трубопроводе $t_{п}^{нст}$, °С, и средняя за период измерений температура сетевой воды в обратном трубопроводе $t_{о}^{нст}$, °С:

$$t_{п}^{нст} = \frac{\sum_{k=1}^{n_n} t_{пk}^{нст}}{n_n}, \quad (2.2)$$

$$t_{о}^{нст} = \frac{\sum_{k=1}^{n_n} t_{ок}^{нст}}{n_n}, \quad (2.3)$$

где $t_{пk}^{нст}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, °С;

$t_{ок}^{нст}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в обратном трубопроводе на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, °С;

n_n – количество часов в периоде измерений.

Для периода измерений определяются средняя температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов $t_{гр}^н$, °С, и средняя температура наружного воздуха $t_{в}^н$, °С.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Для каждого участка тепловой сети определяются согласно [4] среднегодовые нормативные удельные (на 1 метр длины трубопровода) значения потерь тепловой энергии по нормам проектирования [2] или [3], в соответствии с которыми выполнена тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей.

Среднегодовые удельные потери тепловой энергии определяются при среднегодовых значениях температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и среднегодовых температурах наружного воздуха или грунта.

Значения среднегодовых удельных потерь тепловой энергии при разности среднегодовых температур сетевой воды и окружающей среды, отличающихся от значений, приведенных в нормах, определяются линейной интерполяцией или экстраполяцией.

Для участков тепловых сетей подземной прокладки с тепловой изоляцией, выполненной в соответствии с [2] (табл. Е.1 приложения Е), нормативные удельные потери тепловой энергии определяются суммарно по подающему и обратному трубопроводам q_n , Вт/м, по формуле:

$$q_n = q_n^{T_1} + (q_n^{T_2} - q_n^{T_1}) \cdot \frac{\Delta t_{cp}^{cr} - \Delta t_{cp}^{T_1}}{\Delta t_{cp}^{T_2} - \Delta t_{cp}^{T_1}}, \quad (3.1)$$

где $q_n^{T_1}$ – удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам при меньшем, чем для данной сети, табличном значении разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;

$q_n^{T_2}$ – удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам при большем, чем для данной сети, табличном значении разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;

$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{cr}}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{T}_1}$ – меньшее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С;

$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{T}_2}$ – большее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С.

Разность среднегодовых температур сетевой воды и грунта определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{cr}} = \frac{t_{\text{н}}^{\text{cr}} + t_{\text{о}}^{\text{cr}}}{2} - t_{\text{гр}}^{\text{cr}}, \quad (3.2)$$

где $t_{\text{н}}^{\text{cr}}$, $t_{\text{о}}^{\text{cr}}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, соответственно, °С;

$t_{\text{гр}}^{\text{cr}}$ – среднегодовая температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов, °С.

Для распределения удельных потерь тепловой энергии на участках подземной прокладки между подающим и обратным трубопроводами определяются среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе $q_{\text{но}}$, Вт/м, которые принимаются равными значениям нормативных удельных потерь в обратном трубопроводе, приведенным в табл. Е.1 приложения Е.

Среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе $q_{\text{ин}}$, Вт/м, определяются по формуле:

$$q_{\text{ин}} = q_{\text{н}} - q_{\text{но}}. \quad (3.3)$$

Для участков тепловых сетей подземной прокладки с тепловой изоляцией, выполненной в соответствии с [3] (табл. И.1 приложения И, табл. К.1 приложения К, табл. Н.1 приложения Н), перед определением нормативных удельных потерь тепловой энергии следует дополнительно определить разность среднегодовых температур $\Delta t_{\text{cp}}^{\text{T}}$, °С, для каждой пары значений среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и грунта, приведенных в табл. И.1 приложения И, табл. К.1 приложения К и табл. Н.1 приложения Н:

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{T}} = \frac{t_{\text{н}}^{\text{T}} + t_{\text{о}}^{\text{T}}}{2} - t_{\text{гр.н}}^{\text{cr}}, \quad (3.4)$$

где $t_{\text{н}}^{\text{T}}$, $t_{\text{о}}^{\text{T}}$ – соответственно, табличные значения среднегодовых температур сетевой воды в подающем (65, 90, 110 °С) и обратном (50 °С) трубопроводах, °С;

$t_{гр.н}^{ср}$ – нормативное значение среднегодовой температуры грунта, °С (принимается равным 5 °С).

Для каждой пары среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах определяются суммарные нормативные удельные потери тепловой энергии q_n^T , Вт/м:

$$q_n^T = q_{мин}^T + q_{нон}^T, \quad (3.5)$$

где $q_{мин}^T$, $q_{нон}^T$ – соответственно, значения нормативных удельных потерь тепловой энергии для подземной прокладки в подающем и обратном трубопроводах, приведенные в табл. И.1 приложения И, табл. К.1 приложения К и табл. Н.1 приложения Н.

Значения среднегодовых удельных потерь тепловой энергии для рассматриваемой тепловой сети при разности среднегодовых температур сетевой воды и окружающей среды, отличающейся от значений, определенных по формуле 3.4, определяются линейной интерполяцией или экстраполяцией.

Значения суммарных удельных потерь тепловой энергии q_n , Вт/м, определяются по формулам 3.1 и 3.2.

Среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе $q_{мин}$, Вт/м, определяются по формуле:

$$q_{мин} = q_{мин}^{T_1} + (q_{мин}^{T_2} - q_{мин}^{T_1}) \cdot \frac{\Delta t_{мин}^{ср} - \Delta t_{мин}^{T_1}}{\Delta t_{мин}^{T_2} - \Delta t_{мин}^{T_1}}, \quad (3.6)$$

где $q_{мин}^{T_1}$, $q_{мин}^{T_2}$ – удельные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;

$\Delta t_{мин}^{ср}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта для подающего трубопровода рассматриваемой тепловой сети, °С;

$\Delta t_{мин}^{T_1}$, $\Delta t_{мин}^{T_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и грунта, °С.

Среднегодовые значения разности температур сетевой воды и грунта для подающего трубопровода определяются по формуле:

$$\Delta t_{\text{пт}}^{\text{ср}} = t_{\text{n}}^{\text{ср}} - t_{\text{гр}}^{\text{ср}}, \quad (3.7)$$

где $t_{\text{гр}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов, °С.

Табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и грунта определяются по формуле:

$$\Delta t_{\text{пт}}^{\text{T}} = t_{\text{n}}^{\text{T}} - t_{\text{гр.п}}^{\text{ср}}. \quad (3.8)$$

Среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе $q_{\text{но}}$, Вт/м, определяются по формуле:

$$q_{\text{но}} = q_{\text{п}} - q_{\text{пт}} \quad (3.9)$$

Для всех участков тепловых сетей надземной прокладки с тепловой изоляцией, выполненной в соответствии с [2], [3] (табл. Ж.1 приложения Ж, табл. Л.1 приложения Л, табл. П.1 приложения П), нормативные удельные потери тепловой энергии определяются отдельно по подающему и обратному трубопроводам, соответственно, $q_{\text{пт}}$ и $q_{\text{но}}$, Вт/м, по формулам:

$$q_{\text{пт}} = q_{\text{птв}}^{T_1} + (q_{\text{птв}}^{T_2} - q_{\text{птв}}^{T_1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{пт}}^{\text{ср}} - \Delta t_{\text{пт}}^{T_1}}{\Delta t_{\text{пт}}^{T_2} - \Delta t_{\text{пт}}^{T_1}}, \quad (3.10)$$

$$q_{\text{но}} = q_{\text{нов}}^{T_1} + (q_{\text{нов}}^{T_2} - q_{\text{нов}}^{T_1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ов}}^{\text{ср}} - \Delta t_{\text{ов}}^{T_1}}{\Delta t_{\text{ов}}^{T_2} - \Delta t_{\text{ов}}^{T_1}}, \quad (3.11)$$

где $q_{\text{птв}}^{T_1}$, $q_{\text{птв}}^{T_2}$ – удельные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м;

$q_{\text{нов}}^{T_1}$, $q_{\text{нов}}^{T_2}$ – удельные потери тепловой энергии по обратному трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м;

$\Delta t_{\text{пт}}^{\text{ср}}$, $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{ср}}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха соответственно для подающего и обратного трубопроводов для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{\text{на}}^{T_1}, \Delta t_{\text{на}}^{T_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и наружного воздуха, °С;

$\Delta t_{\text{об}}^{T_1}, \Delta t_{\text{об}}^{T_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в обратном трубопроводе и наружного воздуха, °С.

Значения разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха для подающего и обратного трубопроводов определяются по формулам:

$$\Delta t_{\text{на}}^{\text{ср}} = t_{\text{н}}^{\text{ср}} - t_{\text{в}}^{\text{ср}}, \quad (3.12)$$

$$\Delta t_{\text{об}}^{\text{ср}} = t_{\text{о}}^{\text{ср}} - t_{\text{в}}^{\text{ср}}, \quad (3.13)$$

где $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура наружного воздуха, °С.

Для прокладок в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, подвалах удельные потери тепловой энергии участков определяются по соответствующим нормам [3] для прокладок в помещениях (табл. М.1 приложения М, табл. Р.1 приложения Р) при среднегодовых температурах окружающего воздуха: тоннелей и проходных каналов – +40 °С, для подвалов – +20 °С.

Для каждого участка тепловой сети определяются нормативные среднегодовые значения потерь тепловой энергии отдельно для подающего и обратного трубопроводов:

$$Q_{\text{на}}^{\text{ср}} = q_{\text{на}} \cdot L \cdot \beta, \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{об}}^{\text{ср}} = q_{\text{об}} \cdot L \cdot \beta, \quad (3.15)$$

где $Q_{\text{на}}^{\text{ср}}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу, Вт;

$Q_{\text{об}}^{\text{ср}}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по обратному трубопроводу, Вт;

L – длина участка тепловой сети, м;

β – коэффициент местных потерь тепловой энергии, учитывающий потери тепловой энергии арматурой, компенсаторами и опорами, принимаемый в соответствии с [3] равным 1,2 при подземной канальной и надземной прокладках для условных проходов трубопроводов до 150 мм и 1,15 для условных проходов 150 мм и более, а также для всех условных проходов при бесканальной прокладке.

3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗА ПЕРИОД ИЗМЕРЕНИЙ

Для каждого участка тепловой сети определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем $Q_{\text{ни}}^n$, Вт, и обратном $Q_{\text{но}}^n$, Вт, трубопроводах.

Для участков тепловой сети подземной прокладки нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии определяются по формулам:

$$Q_{\text{ни}}^n = 0,5 \cdot \left((Q_{\text{ни}}^{\text{ср}} + Q_{\text{но}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{t_{\text{и}}^{\text{н}} + t_{\text{о}}^{\text{н}} - 2 \cdot t_{\text{гр}}^{\text{н}}}{t_{\text{и}}^{\text{ср}} + t_{\text{о}}^{\text{ср}} - 2 \cdot t_{\text{гр}}^{\text{ср}}} + (Q_{\text{ни}}^{\text{ср}} - Q_{\text{но}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{t_{\text{и}}^{\text{н}} - t_{\text{о}}^{\text{н}}}{t_{\text{и}}^{\text{ср}} - t_{\text{о}}^{\text{ср}}} \right), \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{но}}^n = 0,5 \cdot \left((Q_{\text{ни}}^{\text{ср}} + Q_{\text{но}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{t_{\text{и}}^{\text{н}} + t_{\text{о}}^{\text{н}} - 2 \cdot t_{\text{гр}}^{\text{н}}}{t_{\text{и}}^{\text{ср}} + t_{\text{о}}^{\text{ср}} - 2 \cdot t_{\text{гр}}^{\text{ср}}} - (Q_{\text{ни}}^{\text{ср}} - Q_{\text{но}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{t_{\text{и}}^{\text{н}} - t_{\text{о}}^{\text{н}}}{t_{\text{и}}^{\text{ср}} - t_{\text{о}}^{\text{ср}}} \right). \quad (3.17)$$

Для участков тепловой сети надземной прокладки нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии определяются по формулам:

$$Q_{\text{ни}}^n = Q_{\text{ни}}^{\text{ср}} \cdot \frac{t_{\text{и}}^{\text{нст}} - t_{\text{а}}^{\text{н}}}{t_{\text{и}}^{\text{ср}} - t_{\text{а}}^{\text{ср}}}, \quad (3.18)$$

$$Q_{\text{но}}^n = Q_{\text{но}}^{\text{ср}} \cdot \frac{t_{\text{о}}^{\text{нст}} - t_{\text{а}}^{\text{н}}}{t_{\text{о}}^{\text{ср}} - t_{\text{а}}^{\text{ср}}}. \quad (3.19)$$

где $t_{\text{и}}^{\text{нст}}$, $t_{\text{о}}^{\text{нст}}$ – средняя за период измерений температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах на источнике тепловой энергии, °С;

$t_{\text{и}}^{\text{ср}}$, $t_{\text{о}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, соответственно, °С;

$t_{\text{гр}}^{\text{н}}$, $t_{\text{а}}^{\text{н}}$ – средняя за период измерений температура грунта и наружного воздуха, соответственно, °С;

$t_{\text{гр}}^{\text{ср}}$, $t_{\text{а}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура грунта и наружного воздуха, соответственно, °С.

Для участков, проложенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, подвалах нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии определяются по формулам (3.18) и (3.19) при средней температуре наружного воздуха равной среднегодовой: для тоннелей и проходных каналов – +40 °С, для подвалов – +20 °С.

Для всей сети определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе $Q_{нпс}^n$, Вт:

$$Q_{нпс}^n = \sum Q_{нп}^n. \quad (3.20)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков подземной прокладки $Q_{нпз}^n$, Вт:

$$Q_{нпз}^n = \sum_{\text{ПОДЗЕМН}} Q_{нп}^n. \quad (3.21)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков подземной прокладки $Q_{ноп}^n$, Вт:

$$Q_{ноп}^n = \sum_{\text{ПОДЗЕМН}} Q_{но}^n. \quad (3.22)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков надземной прокладки $Q_{нпв}^n$, Вт:

$$Q_{нпв}^n = \sum_{\text{НАДЗЕМН}} Q_{нп}^n. \quad (3.23)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков надземной прокладки $Q_{нов}^n$, Вт:

$$Q_{нов}^n = \sum_{\text{НАДЗЕМН}} Q_{но}^n. \quad (3.24)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях $Q_{нпт}^n$, Вт:

$$Q_{нпт}^n = \sum_{\text{ТОННель}} Q_{нп}^n. \quad (3.25)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях $Q_{нот}^n$, Вт:

$$Q_{нот}^n = \sum_{\text{ТОННель}} Q_{но}^n. \quad (3.26)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах $Q_{\text{нигдв}}^n$, Вт:

$$Q_{\text{нигдв}}^n = \sum_{\text{подвал}} Q_{\text{ни}}^n. \quad (3.27)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах $Q_{\text{ногдв}}^n$, Вт:

$$Q_{\text{ногдв}}^n = \sum_{\text{подвал}} Q_{\text{но}}^n. \quad (3.28)$$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗА ПЕРИОД ИЗМЕРЕНИЙ

На источнике тепловой энергии и для всех потребителей тепловой энергии, имеющих приборы учета (i -ые потребители тепловой энергии), определяется средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе:

$$G_n^{\text{ист}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_n} G_{\text{нк}}^{\text{ист}}}{3,6 \cdot n_n}, \quad (4.1)$$

$$G_n^i = \frac{\sum_{k=1}^{n_n} G_{\text{нк}}^i}{3,6 \cdot n_n}, \quad (4.2)$$

где $G_n^{\text{ист}}$ — средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу на источнике тепловой энергии, кг/с;

$G_{\text{нк}}^{\text{ист}}$ — измеренные за период измерений значения расхода теплоносителя на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;

G_n^i — средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу у i -го потребителя тепловой энергии, кг/с;

$G_{\text{нк}}^i$ — измеренные за период измерений значения расхода теплоносителя у i -го потребителя тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч.

Для закрытой системы теплоснабжения определяется средний за весь период измерений расход подпиточной воды на источнике тепловой энергии:

$$G_{\text{утечек}}^{\text{ист}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_n} G_{\text{утечек } k}^{\text{ист}}}{3,6 \cdot n_n}, \quad (4.3)$$

где $G_{\text{утечек}}^{\text{ист}}$ – средний за весь период измерений расход подпиточной воды на источнике тепловой энергии, кг/с;

$G_{\text{утечек } k}^{\text{ист}}$ – измеренные за период измерений значения расхода теплоносителя на подпитку на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч.

Средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе $G_{\text{п}}^{\text{без приоб}}$, кг/с, для всех потребителей тепловой энергии, не имеющих приборов учета (j -ых потребителей тепловой энергии), для закрытых систем теплоснабжения определяется по формуле:

$$G_{\text{п}}^{\text{без приоб}} = G_{\text{п}}^{\text{ист}} - \sum_i G_{\text{п}}^i - (3/4 \cdot G_{\text{утечек}}^{\text{ист}}). \quad (4.4)$$

Для открытых систем теплоснабжения, не имеющих круглосуточных потребителей теплоносителя, определяется средний за весь период измерений расход подпиточной воды на источнике тепловой энергии в ночное время.

Для этого за каждые сутки из периода измерений выбирается ночной (с 1:00 до 3:00) среднечасовой расход подпитки на источнике тепловой энергии. Для полученных данных определяется среднеарифметическое значение расхода, которое и является среднечасовой подпиткой тепловой сети в ночное время $G_{\text{подп. ночь}}^{\text{ист}}$, т/ч. Для определения величины $G_{\text{утечек}}^{\text{ист}}$, кг/с, используется формула:

$$G_{\text{утечек}}^{\text{ист}} = \frac{G_{\text{подп. ночь}}^{\text{ист}}}{3,6}. \quad (4.5)$$

Для открытых систем теплоснабжения, имеющих промышленных потребителей, круглосуточно потребляющих теплоноситель и имеющих приборы учета, определяется среднечасовое потребление теплоносителя в ночное время. Для этого за каждые сутки из периода измерений выбирается ночной (с 1:00 до 3:00) среднечасовой расход теплоносителя у каждого такого потребителя. Для полученных данных определяется среднеарифметическое значение расхода $G_{\text{потреб. ночь}}^i$, т/ч. Для определения величины $G_{\text{утечек}}^{\text{ист}}$, кг/с, используется формула:

$$G_{\text{утечек}}^{\text{ист}} = \frac{G_{\text{подп. ночь}}^{\text{ист}} - \sum_i G_{\text{потреб. ночь}}^i}{3,6}. \quad (4.6)$$

Средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе для всех j -ых потребителей определяется по формуле 4.4.

Средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе для каждого j -го потребителя G_n^j , кг/с, определяется путем распределения общего расхода теплоносителя по потребителям пропорционально среднечасовой присоединенной нагрузке:

$$G_n^j = G_n^{\text{без приб}} \cdot \frac{Q'_{\text{подкл}}}{\sum_j Q'_{\text{подкл}}}, \quad (4.7)$$

где $Q'_{\text{подкл}}$ – среднечасовая присоединенная нагрузка в период измерений j -го потребителя, ГДж/ч;

$\sum_j Q'_{\text{подкл}}$ – среднечасовая присоединенная нагрузка всех j -ых потребителей без приборов учета в период измерений, ГДж/ч.

Для каждого i -го потребителя определяются средние за период измерений потери тепловой энергии через тепловую изоляцию подающего трубопровода $Q'_{\text{потерь } n}$, Вт:

$$Q'_{\text{потерь } n} = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} c_p \cdot G_{\text{ик}}^i \cdot (t_{\text{ик}}^{\text{сет}} - t_{\text{ик}}^i)}{3,6 \cdot n_n}, \quad (4.8)$$

где c_p – удельная теплоемкость воды, $c_p = 4,187 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);

$t_{\text{ик}}^{\text{сет}}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, °С;

$t_{\text{ик}}^i$ – измеренные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе у i -го потребителя, взятые из часового файла, °С.

Определяются средние за период измерений суммарные потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех i -ых потребителей, имеющих приборы учета, $Q'_{\text{потерь } n}^{\text{приб}}$, Вт:

$$Q'_{\text{потерь } n}^{\text{приб}} = \sum_i Q'_{\text{потерь } n} \quad (4.9)$$

Определяются средние за период измерений потери тепловой энергии $Q'_{\text{п. м}}$, Вт, через тепловую изоляцию подающего трубопровода, отнесенные к i -му потребителю, за вычетом потерь тепловой энергии в ответвлении от основного трубопровода:

$$Q'_{\text{п. м}} = Q'_{\text{потерь } n} - Q'_{\text{потерь } n}^{\text{отвл}} \quad (4.10)$$

В первом приближении потери тепловой энергии в ответвлении от основного трубопровода принимаются равными нормативным средним за период измерений потерям тепловой энергии:

$$Q'_{\text{потерь } n}^{\text{отвл}} = Q'_{\text{нп}}^{\text{н. отвл}}, \quad (4.11)$$

где $Q_{\text{ин}}^{\text{н. отв}^i}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в ответвлении от основного подающего трубопровода к i -му потребителю, Вт.

Суммарные потери тепловой энергии $Q_{\text{п. м}}^{\text{приб}}$, Вт, в основных подающих трубопроводах для всех i -ых потребителей с приборами учета:

$$Q_{\text{п. м}}^{\text{приб}} = \sum_i Q_{\text{п. м}}^i \quad (4.12)$$

Коэффициент потерь тепловой энергии сети $r_{\text{потерь п}}$, Дж/(кг·м), в основных подающих трубопроводах определяется по данным измерений для потребителей с приборами учета:

$$r_{\text{потерь п}} = \frac{Q_{\text{п. м}}^{\text{приб}}}{\sum_i (G_{\text{п}}^i \cdot l^i)} \quad (4.13)$$

где l^i – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до ответвления от основного трубопровода к потребителю с приборами учета, м.

При определении средних за период измерения потерь тепловой энергии $Q_{\text{потерь п}}^j$, Вт, у j -ых потребителей без приборов учета используется соотношение:

$$Q_{\text{потерь п}}^j = r_{\text{потерь пр}} \cdot G_{\text{п}}^j \cdot l^j + Q_{\text{потерь п}}^{\text{отв}} \quad (4.14)$$

где l^j – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до ответвления к j -му потребителю без приборов учета, м.

Определяются средние за период измерений суммарные потери тепловой энергии $Q_{\text{потерь п}}^{\text{без приб}}$, Вт, в подающих трубопроводах для j -ых потребителей, не имеющих приборов учета:

$$Q_{\text{потерь п}}^{\text{без приб}} = \sum_j Q_{\text{потерь п}}^j \quad (4.15)$$

Фактические средние за период измерений суммарные потери тепловой энергии $Q_{\text{потерь п}}^{\text{н}}$, Вт, во всех подающих трубопроводах:

$$Q_{\text{потерь п}}^{\text{н}} = Q_{\text{потерь п}}^{\text{приб}} + Q_{\text{потерь п}}^{\text{без приб}} \quad (4.16)$$

После определения фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей определяется отношение этих потерь тепловой энергии к нормативным потерям тепловой энергии в подающем трубопроводе:

$$K = \frac{Q_{\text{потерь п}}^{\text{н}}}{Q_{\text{ннс}}^{\text{н}}} \quad (4.17)$$

и весь расчет проводится повторно (второе приближение), начиная с формулы 4.10, причем потери в ответвлениях от основных трубопроводов определяются по формуле:

$$K = \frac{Q_{\text{потерь п.}}^{\text{н}}}{Q_{\text{плс}}^{\text{н}}} \quad (4.18)$$

После определения величины фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей во втором приближении $Q_{\text{потерь п. 2}}^{\text{н}}$ ее значение сравнивается с величиной фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей, полученной в первом приближении $Q_{\text{потерь п. 1}}^{\text{н}}$, и определяется относительная разность $\overline{\Delta Q}$:

$$\overline{\Delta Q} = \frac{|Q_{\text{потерь п. 1}}^{\text{н}} - Q_{\text{потерь п. 2}}^{\text{н}}|}{Q_{\text{потерь п. 2}}^{\text{н}}} \quad (4.19)$$

Если значение $\overline{\Delta Q} > 0,05$, то для определения величины $Q_{\text{потерь п.}}^{\text{н}}$ проводится еще одно приближение, т.е. весь расчет, начиная с формулы 4.10, повторяется.

Обычно для получения удовлетворительного результата достаточно двух-трех приближений. Значение тепловых потерь $Q_{\text{потерь п.}}^{\text{н}}$, полученное по формуле 4.16 в последнем приближении, используется в дальнейшем расчете.

Возможен другой метод учета влияния ответвлений. Выполнив расчеты по формулам 4.1 – 4.9, определяется время движения теплоносителя τ , с, от источника тепловой энергии до каждого из потребителей:

$$\tau = \sum \tau_k, \quad (4.20)$$

$$\tau_k = \frac{l_k}{W_k} = \frac{l_k \cdot \rho \cdot F_k}{G_k}, \quad (4.21)$$

где τ_k – время движения теплоносителя на однородном участке тепловой сети, с;

l_k – длина однородного участка, м;

W_k – скорость теплоносителя на однородном участке, м/с;

ρ – плотность воды при средней за первые сутки периода наличия данных температуре сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, кг/м³;

F_k – площадь сечения трубопровода на однородном участке, м²;

G_k – расход теплоносителя на однородном участке, кг/с.

Однородный участок тепловой сети – это участок, на котором не меняется расход теплоносителя и условный проход трубопровода, т.е. обеспечивается постоянство скорости теплоносителя.

Коэффициент потерь тепловой энергии, определяемый по времени движения теплоносителя в подающих трубопроводах, $r_{\text{потерь п}}^r$, Дж/(кг·с):

$$r_{\text{потерь п}}^r = \frac{Q_{\text{потерь п}}^{\text{проб}}}{\sum_i (G_i^j \cdot \tau^i)}, \quad (4.22)$$

где τ^i – время движения теплоносителя по подающему трубопроводу от источника тепловой энергии до i -го потребителя с приборами учета, с.

Средние за период измерения потери тепловой энергии через тепловую изоляцию в подающем трубопроводе $Q_{\text{потерь п}}^j$, Вт, отнесенные к j -му потребителю без приборов учета:

$$Q_{\text{потерь п}}^j = r_{\text{потерь п}}^r \cdot G_i^j \cdot \tau^j, \quad (4.23)$$

где τ^j – время движения теплоносителя по наименьшему расстоянию от источника тепловой энергии до j -го потребителя без приборов учета, с.

Определив $Q_{\text{потерь п}}^{\text{без проб}}$ по формуле 4.15, вычисляем $Q_{\text{потерь п}}^n$ по формуле 4.16. Значение потерь тепловой энергии $Q_{\text{потерь п}}^n$, полученное по формуле 4.16, используется в дальнейшем расчете.

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков подземной прокладки $Q_{\text{потерь п. п}}^n$, Вт:

$$Q_{\text{потерь п. п}}^n = Q_{\text{потерь п}}^n \cdot \frac{Q_{\text{нит}}^n}{Q_{\text{нит}}^n}. \quad (4.24)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков надземной прокладки $Q_{\text{потерь п. в}}^n$, Вт:

$$Q_{\text{потерь п. в}}^n = Q_{\text{потерь п}}^n \cdot \frac{Q_{\text{нит}}^n}{Q_{\text{нит}}^n}. \quad (4.25)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, $Q_{\text{потерь п. т}}^n$, Вт:

$$Q_{\text{потерь п. т}}^n = Q_{\text{потерь п}}^n \cdot \frac{Q_{\text{нит}}^n}{Q_{\text{нит}}^n}. \quad (4.26)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах, $Q_{\text{потерь п. пдв}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь п. пдв}}'' = Q_{\text{потерь п}}'' \cdot \frac{Q_{\text{п.пдв}}''}{Q_{\text{п.пс}}''} \quad (4.27)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков подземной прокладки $Q_{\text{потерь обр. п}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь обр. п}}'' = Q_{\text{потерь п. п}}'' \cdot \frac{Q_{\text{ноп}}''}{Q_{\text{нип}}''} \quad (4.28)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков надземной прокладки $Q_{\text{потерь обр. в}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь обр. в}}'' = Q_{\text{потерь п. в}}'' \cdot \frac{Q_{\text{нов}}''}{Q_{\text{нив}}''} \quad (4.29)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, $Q_{\text{потерь обр. т}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь обр. т}}'' = Q_{\text{потерь п. т}}'' \cdot \frac{Q_{\text{пот}}''}{Q_{\text{пит}}''} \quad (4.30)$$

Определяются средние за период измерений фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах, $Q_{\text{потерь обр. пдв}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь обр. пдв}}'' = Q_{\text{потерь п. пдв}}'' \cdot \frac{Q_{\text{п.пдв}}''}{Q_{\text{п.пдв}}''} \quad (4.31)$$

Определяются средние за период измерений фактические суммарные потери тепловой энергии в обратных трубопроводах $Q_{\text{потерь обр}}''$, Вт:

$$Q_{\text{потерь обр}}'' = Q_{\text{потерь обр. п}}'' + Q_{\text{потерь обр. в}}'' + Q_{\text{потерь обр. т}}'' + Q_{\text{потерь обр. пдв}}'' \quad (4.32)$$

Определяются средние за период измерений фактические суммарные потери тепловой энергии $Q_{\text{потерь}}''$, Вт, в сети:

$$Q_{\text{потерь}}'' = Q_{\text{потерь п}}'' + Q_{\text{потерь обр}}'' \quad (4.33)$$

4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗА ГОД

Фактические потери тепловой энергии за год определяются, как сумма фактических потерь тепловой энергии за каждый месяц работы тепловой сети.

Фактические потери тепловой энергии за месяц определяются при среднемесячных условиях работы тепловой сети.

Для всех участков подземной прокладки определяются фактические среднемесячные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам $Q_{\text{потерь п. п.}}^{\text{мес}}$, Вт, по формуле:

$$Q_{\text{потерь п. п.}}^{\text{мес}} = (Q_{\text{потерь п. п.}}^{\text{н}} + Q_{\text{потерь обр. п.}}^{\text{н}}) \cdot \frac{(t_{\text{п}}^{\text{мес}} + t_{\text{о}}^{\text{мес}} - 2 \cdot t_{\text{пр}}^{\text{мес}})}{(t_{\text{п}}^{\text{н}} + t_{\text{о}}^{\text{н}} - 2 \cdot t_{\text{пр}}^{\text{н}})}. \quad (4.34)$$

Для всех участков надземной прокладки определяются фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему $Q_{\text{потерь п. в.}}^{\text{мес}}$, Вт, и обратному $Q_{\text{потерь обр. в.}}^{\text{мес}}$, Вт, трубопроводам по формулам:

$$Q_{\text{потерь п. в.}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь п. в.}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_{\text{п}}^{\text{мес}} - t_{\text{в}}^{\text{мес}})}{(t_{\text{п}}^{\text{н}} - t_{\text{в}}^{\text{н}})}, \quad (4.35)$$

$$Q_{\text{потерь обр. в.}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь обр. в.}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_{\text{о}}^{\text{мес}} - t_{\text{в}}^{\text{мес}})}{(t_{\text{о}}^{\text{н}} - t_{\text{в}}^{\text{н}})}. \quad (4.36)$$

Для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах и тоннелях, определяются фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему $Q_{\text{потерь п. т.}}^{\text{мес}}$, Вт, и обратному $Q_{\text{потерь обр. т.}}^{\text{мес}}$, Вт, трубопроводам по формулам:

$$Q_{\text{потерь п. т.}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь п. т.}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_{\text{п}}^{\text{мес}} - 40)}{(t_{\text{п}}^{\text{н}} - 40)}, \quad (4.37)$$

$$Q_{\text{потерь обр. т.}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь обр. т.}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_{\text{о}}^{\text{мес}} - 40)}{(t_{\text{о}}^{\text{н}} - 40)}. \quad (4.38)$$

Для всех участков, расположенных в подвалах, определяются фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему $Q_{\text{потерь п. пдв.}}^{\text{мес}}$, Вт, и обратному $Q_{\text{потерь обр. пдв.}}^{\text{мес}}$, Вт, трубопроводам по формулам:

$$Q_{\text{потерь п. пдв.}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь п. пдв.}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_{\text{п}}^{\text{мес}} - 20)}{(t_{\text{п}}^{\text{н}} - 20)}, \quad (4.39)$$

$$Q_{\text{потерь обр. пдв}}^{\text{мес}} = Q_{\text{потерь обр. пдв}}^{\text{н}} \cdot \frac{(t_o^{\text{мес}} - 20)}{(t_o^{\text{н}} - 20)}. \quad (4.40)$$

Фактические потери тепловой энергии во всей сети за месяц $Q_{\text{потерь}}^{\text{мес}}$, ГДж, определяются по формуле:

$$Q_{\text{потерь}}^{\text{мес}} = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\text{мес}} \cdot (Q_{\text{потерь п}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь п. в}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь обр. в}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь п. т}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь обр. т}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь п. пдв}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потерь обр. пдв}}^{\text{мес}}), \quad (4.41)$$

где $n_{\text{мес}}$ — продолжительность работы тепловой сети в рассматриваемом месяце, ч.

Фактические потери тепловой энергии во всей сети за год $Q_{\text{потерь}}^{\text{год}}$, ГДж, определяются по формуле:

$$Q_{\text{потерь}}^{\text{год}} = \sum_{\text{по месяцам}} Q_{\text{потерь}}^{\text{мес}}. \quad (4.42)$$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Термины и определения

Водяная система теплоснабжения – система теплоснабжения, в которой теплоносителем является вода [9].

Закрытая водяная система теплоснабжения – водяная система теплоснабжения, в которой не предусматривается использование сетевой воды потребителями путем ее отбора из тепловой сети [5].

Индивидуальный тепловой пункт – тепловой пункт, предназначенный для присоединения систем теплопотребления одного здания или его части [5].

Исполнительная документация – комплект рабочих чертежей, разработанных проектной организацией, с надписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям, сделанными лицами, ответственными за производство работ [6].

Источник тепловой энергии (теплоты) – теплогенерирующая энергоустановка или их совокупность, в которой производится нагрев теплоносителя за счет передачи теплоты сжигаемого топлива, а также путем электронагрева или другими, в том числе нетрадиционными способами, участвующая в теплоснабжении потребителей [5].

Коммерческий учет (учет) тепловой энергии – определение на основании измерений и других регламентированных процедур тепловой мощности и количества тепловой энергии и теплоносителя с целью осуществления коммерческих взаиморасчетов между энергоснабжающими организациями и потребителями [8].

Котельная – комплекс технологически связанных тепловых энергоустановок, расположенных в обособленных производственных зданиях, встроенных, пристроенных или надстроенных помещениях с котлами, водонагревателями (в т.ч. установками нетрадиционного способа получения тепловой энергии) и котельно-вспомогательным оборудованием, предназначенный для выработки теплоты [5].

Норма потерь тепловой энергии (норма плотности теплового потока через изолированную поверхность) – значение удельных потерь тепловой энергии трубопроводами тепловой сети через их теплоизоляционные конструкции при расчетных среднегодовых значениях температуры теплоносителя и окружающей среды [7].

Открытая водяная система теплоснабжения – водяная система теплоснабжения, в которой вся сетевая вода или ее часть используется путем ее отбора из тепловой сети для удовлетворения нужд потребителей в горячей воде [5].

Отопительный период – время в часах или сутках в год, в течение которого производится отпуск тепловой энергии на отопление [6].

Подпиточная вода – специально подготовленная вода, подаваемая в тепловую сеть для восполнения потерь теплоносителя (сетевой воды), а также водоразбора на тепловое потребление [7].

Потери тепловой энергии – тепловая энергия, теряемая теплоносителем через изоляцию трубопроводов, а также тепловая энергия, утрачиваемая с теплоносителем при утечках, авариях, сливах, несанкционированном водоразборе [6].

Потребитель тепловой энергии – юридическое или физическое лицо, осуществляющее пользование тепловой энергией (мощностью) и теплоносителями [6].

Присоединенная тепловая нагрузка (мощность) – суммарная проектная максимальная тепловая нагрузка (мощность) всех систем теплоснабжения при расчетной для каждого вида нагрузки температуре наружного воздуха либо суммарный проектный максимальный часовой расход теплоносителя для всех систем теплоснабжения, присоединенных к тепловым сетям (источнику тепловой энергии) теплоснабжающей организации [6].

Сетевая вода – специально подготовленная вода, которая используется в водяной системе теплоснабжения в качестве теплоносителя [5].

Система теплоснабжения – комплекс тепловых энергоустановок с соединительными трубопроводами и (или) тепловыми сетями, которые предназначены для удовлетворения одного или нескольких видов тепловой нагрузки [5].

Система теплоснабжения – совокупность взаимосвязанных источников теплоты, тепловых сетей и систем теплоснабжения [5].

Система централизованного теплоснабжения – объединенные общим технологическим процессом источники тепловой энергии, тепловые сети и потребители тепловой энергии [6].

Тепловая нагрузка системы теплоснабжения (тепловая нагрузка) – суммарное количество тепловой энергии, получаемое от источников тепловой энергии, равное сумме теплоснабжений приемников тепловой энергии и потерь в тепловых сетях в единицу времени [9].

Тепловая сеть – совокупность устройств, предназначенных для передачи и распределения теплоносителя и тепловой энергии [5].

Тепловой пункт – комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами теплоснабжения, трансформацию, регулирование параметров теплоносителя [5].

Теплоноситель теплосилового установок, теплоноситель – движущаяся среда, используемая для передачи тепловой энергии в теплосилового установке от более нагретого тела к менее нагретому телу [9].

Теплоснабжающая установка – тепловая энергоустановка или комплекс устройств, предназначенные для использования теплоты и теплоносителя на нужды отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения и технологические нужды [5].

Теплоснабжение – обеспечение потребителей тепловой энергией (теплотой) [10].

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – паротурбинная электростанция, предназначенная для производства электрической и тепловой энергии [9].

Узел коммерческого учета тепловой энергии и (или) теплоносителей – совокупность аттестованных в установленном порядке средств и систем измерений и других устройств, предназначенных для коммерческого учета количества тепловой энергии и (или) теплоносителей, а также для обеспечения контроля качества тепловой энергии и режимов теплоснабжения [8].

Централизованное теплоснабжение – теплоснабжение потребителей от источника тепловой энергии через общую тепловую сеть [10].

Центральный тепловой пункт (ЦТП) – тепловой пункт, предназначенный для присоединения двух и более зданий [5].

Эксплуатационная документация – документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте в процессе эксплуатации.

Энергоснабжающая (теплоснабжающая) организация – предприятие или организация, являющееся юридическим лицом и имеющее в собственности или в полном хозяйственном ведении установки, генерирующие электрическую и (или) тепловую энергию, электрические и (или) тепловые сети и обеспечивающее на договорной основе передачу электрической и (или) тепловой энергии потребителям [9].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Условные обозначения величин

$Q_{\text{потерь}}^{\text{год}}$	– фактические потери тепловой энергии во всей сети за год, ГДж;
$Q_{\text{потерь}}^{\text{мес}}$	– фактические потери тепловой энергии во всей сети за месяц, ГДж;
$Q_{\text{потерь II}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам для всех участков подземной прокладки, Вт;
$Q_{\text{потерь II, в}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков надземной прокладки, Вт;
$Q_{\text{потерь обр. в}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков надземной прокладки, Вт;
$Q_{\text{потерь II, т}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;
$Q_{\text{потерь обр. т}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;
$Q_{\text{потерь II, идв}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;
$Q_{\text{потерь обр. идв}}^{\text{мес}}$	– фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;
$Q_{\text{потерь}}^{\text{II}}$	– фактические суммарные потери тепловой энергии в сети средние за период измерений, Вт;
$Q_{\text{потерь II, II}}^{\text{II}}$	– фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков подземной прокладки средние за период измерений, Вт;
$Q_{\text{потерь II, в}}^{\text{II}}$	– фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков надземной прокладки средние за период измерений, Вт;
$Q_{\text{потерь II, т}}^{\text{II}}$	– фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, средние за период измерений, Вт;
$Q_{\text{потерь II, идв}}^{\text{II}}$	– фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах, средние за период измерений, Вт;

- $Q_{\text{потерь обр. н}}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков подземной прокладки средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь обр. н}}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков надземной прокладки средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь обр. т}}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь обр. пдв}}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь н}}$ – фактические суммарные потери тепловой энергии во всех подающих трубопроводах средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь обр}}$ – фактические суммарные потери тепловой энергии во всех обратных трубопроводах средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь н}}^{\text{без приб}}$ – суммарные потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для j -ых потребителей, не имеющих приборов учета, средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь н}}^j$ – потери тепловой энергии у j -ых потребителей без приборов учета средние за период измерения, Вт;
- $Q_{\text{потерь н}}^{\text{приб}}$ – суммарные потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех i -ых потребителей, имеющих приборы учета, средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{потерь н}}^i$ – потери тепловой энергии через тепловую изоляцию подающего трубопровода для каждого i -го потребителя с приборами учета средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{подкл}}^j$ – среднечасовая присоединенная нагрузка в период измерений j -го потребителя, ГДж/ч;
- $\sum_j Q_{\text{подкл}}^j$ – среднечасовая присоединенная нагрузка всех j -ых потребителей без приборов учета в период измерений, ГДж/ч;
- $Q_{\text{н. м}}^i$ – средние за период измерений потери тепловой энергии через тепловую изоляцию подающего трубопровода, отнесенные к i -му потребителю, за вычетом потерь тепловой энергии в ответвлении от основного трубопровода, Вт (стр. 18);
- $Q_{\text{потерь н}}^{\text{отвл}}$ – потери тепловой энергии в ответвлении от основного трубопровода, Вт;
- $Q_{\text{н. м}}^{\text{н. отвл}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в ответвлении от основного подающего трубопровода к i -му потребителю, Вт;
- $Q_{\text{н. м}}^{\text{приб}}$ – суммарные потери тепловой энергии в основных подающих трубопроводах для всех i -ых потребителей с приборами учета, Вт;
- $Q_{\text{н. м}}^{\text{н}}$ – нормативные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе средние за период измерений, Вт;

- $Q_{\text{но}}^{\text{н}}$ – нормативные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе средние за период измерений, Вт;
- $Q_{\text{ннс}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всей сети, Вт;
- $Q_{\text{ннп}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков подземной прокладки, Вт;
- $Q_{\text{ноп}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков подземной прокладки, Вт;
- $Q_{\text{ннв}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков надземной прокладки, Вт;
- $Q_{\text{нов}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков надземной прокладки, Вт;
- $Q_{\text{ннт}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;
- $Q_{\text{нот}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;
- $Q_{\text{нппдв}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;
- $Q_{\text{нопдв}}^{\text{н}}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков расположенных в подвалах, Вт;
- $Q_{\text{нн}}^{\text{сг}}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу, Вт;
- $Q_{\text{но}}^{\text{сг}}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по обратному трубопроводу, Вт;
- $\overline{\Delta Q}$ – относительная разность сравнения величины фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей во втором приближении с величиной фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей, полученной в первом приближении;
- $q_{\text{н}}$ – нормативные удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам для участков тепловых сетей подземной прокладки, Вт/м;
- $q_{\text{н}}^{\text{T}_1}$ – удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам при меньшем, чем для данной сети, табличном значении разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;
- $q_{\text{н}}^{\text{T}_2}$ – удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам при большем, чем для данной сети, табличном значении разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;

- $q_{\text{но}}$ – среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе, Вт/м;
- $q_{\text{ип}}$ – среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе, Вт/м;
- $q_{\text{н}}^{\text{T}}$ – суммарные нормативные удельные потери тепловой энергии для подземной прокладки, Вт/м;
- $q_{\text{ипп}}^{\text{T}}, q_{\text{ноп}}^{\text{T}}$ – соответственно, табличные значения нормативных удельных потерь тепловой энергии для подземной прокладки в подающем и обратном трубопроводах, Вт/м;
- $q_{\text{ипп}}^{\text{T}_1}, q_{\text{ипп}}^{\text{T}_2}$ – удельные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, Вт/м;
- $q_{\text{ипп}}^{\text{T}_1}, q_{\text{ипп}}^{\text{T}_2}$ – удельные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м;
- $q_{\text{ноп}}^{\text{T}_1}, q_{\text{ноп}}^{\text{T}_2}$ – удельные потери тепловой энергии по обратному трубопроводу при двух смежных, соответственно меньшем и большем, чем для данной сети, табличных значениях разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м;
- $G_{\text{и}}^{\text{нст}}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу на источнике тепловой энергии, кг/с;
- $G_{\text{ик}}^{\text{нст}}$ – измеренные значения расхода теплоносителя на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;
- $G_{\text{и}}^{\text{I}}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу у i -го потребителя тепловой энергии с приборами учета, кг/с;
- $G_{\text{ик}}^{\text{I}}$ – измеренные значения расхода теплоносителя у i -го потребителя тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;
- $G_{\text{утечек}}^{\text{нст}}$ – средний за весь период измерений расход подпиточной воды на источнике тепловой энергии, кг/с;
- $G_{\text{утечек } k}^{\text{нст}}$ – измеренные значения расхода теплоносителя на подпитку на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;
- $G_{\text{и}}^{\text{без приоб}}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе для всех потребителей тепловой энергии, не имеющих приборов учета, кг/с;
- $G_{\text{подп}}^{\text{нст}}$ – среднечасовая подпитка тепловой сети в ночное время, т/ч;
- $G_{\text{потреб } j}^{\text{I}}$ – среднечасовой расход теплоносителя у каждого i -го потребителя, имеющего приборы учета в ночное время за каждые сутки из периода измерений, т/ч;
- $G_{\text{и}}^{\text{J}}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе для каждого j -го потребителя, не имеющего приборов учета, кг/с;

- G_k – расход теплоносителя на однородном участке, кг/с;
- $t_{\text{в}}^{\text{мес}}$ – среднемесячная температура наружного воздуха, °С;
- $t_{\text{гр}}^{\text{мес}}$ – среднемесячная температура грунта на средней глубине заложения оси трубопровода, °С;
- $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура наружного воздуха, °С;
- $t_{\text{гр}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов, °С;
- $t_{\text{н}}^{\text{мес}}$ – среднемесячная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;
- $t_{\text{о}}^{\text{мес}}$ – среднемесячная температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С;
- $t_{\text{н}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;
- $t_{\text{о}}^{\text{ср}}$ – среднегодовая температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С;
- $t_{\text{н}}^{\text{нст}}$ – средняя за период измерений температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, °С;
- $t_{\text{о}}^{\text{нст}}$ – средняя за период измерений температура сетевой воды в обратном трубопроводе на источнике тепловой энергии, °С;
- $t_{\text{ик}}^{\text{нст}}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, °С;
- $t_{\text{ок}}^{\text{нст}}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в обратном трубопроводе на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, °С;
- $t_{\text{гр}}^{\text{н}}$ – средняя температура грунта на средней глубине заложения оси трубопровода за период измерений, °С;
- $t_{\text{в}}^{\text{н}}$ – средняя температура наружного воздуха за период измерений, °С;
- $t_{\text{н}}^{\text{T}}, t_{\text{о}}^{\text{T}}$ – соответственно, табличные значения среднегодовых температур сетевой воды в подающем (65, 90, 110 °С) и обратном (50 °С) трубопроводах, °С;
- $t_{\text{гр}}^{\text{ср}}$ – нормативное значение среднегодовой температуры грунта, °С;
- $t_{\text{ик}}^{\text{ср}}$ – измеренные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе у i -го потребителя, взятые из часового файла, °С;
- $\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср}}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта для данной тепловой сети, °С;
- $\Delta t_{\text{ср}}^{\text{T}_1}$ – меньшее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С;
- $\Delta t_{\text{ср}}^{\text{T}_2}$ – большее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С;
- $\Delta t_{\text{ср}}^{\text{T}}$ – разность среднегодовых температур для каждой пары значений среднегодовых температур в подающих и обратных трубопроводах и грунта, °С;

- $\Delta t_{\text{ин}}^{\text{ср}}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта для подающего трубопровода рассматриваемой тепловой сети, °С;
- $\Delta t_{\text{ин}}^{\text{T}_1}, \Delta t_{\text{ин}}^{\text{T}_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и грунта, °С;
- $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{ср}}, \Delta t_{\text{ов}}^{\text{ср}}$ – значение разности среднегодовых температур сетевой воды и наружного воздуха соответственно для подающего и обратного трубопроводов для данной тепловой сети, °С;
- $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{T}_1}, \Delta t_{\text{ов}}^{\text{T}_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и наружного воздуха, °С;
- $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{T}_1}, \Delta t_{\text{ов}}^{\text{T}_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в обратном трубопроводе и наружного воздуха, °С;
- $V_{\text{н}}$ – суммарный объем всех подающих трубопроводов тепловой сети, м³;
- L – длина участка тепловой сети, м;
- R – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до отвления от основного трубопровода к i -му потребителю с приборами учета, м;
- R – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до отвления к j -му потребителю без приборов учета, м (стр. 18);
- l_k – длина однородного участка, м;
- ρ – плотность воды при средней за первые сутки периода наличия данных температуре сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, кг/м³;
- c_p – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К);
- W_k – скорость теплоносителя на однородном участке, м/с;
- F_k – площадь прохода трубопровода на однородном участке, м²;
- β – коэффициент местных потерь тепловой энергии, учитывающий потери тепловой энергии арматурой, компенсаторами и опорами;
- $r_{\text{потерь н}}$ – коэффициент потерь тепловой энергии сети в основных подающих трубопроводах, Дж/(кг·м);
- $r_{\text{потерь н}}^{\tau}$ – коэффициент потерь тепловой энергии, определяемый по времени движения теплоносителя в подающих трубопроводах, Дж/(кг·с);
- $n_{\text{н}}$ – количество часов в периоде измерений;
- $n_{\text{мес}}$ – продолжительность работы тепловой сети в рассматриваемом месяце, ч;

- τ_n – время заполнения всех подающих трубопроводов теплоносителем, с;
- τ – время движения теплоносителя от источника тепловой энергии до каждого из потребителей, с;
- τ_n – время движения теплоносителя на однородном участке тепловой сети, с;
- τ^i – время движения теплоносителя по подающему трубопроводу от источника тепловой энергии до i -го потребителя с приборами учета, с;
- τ^j – время движения теплоносителя по наименьшему расстоянию от источника тепловой энергии до j -го потребителя без приборов учета, с;
- K – отношение фактических потерь тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех потребителей к нормативным потерям тепловой энергии в подающем трубопроводе.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Характеристика участков тепловой сети

Таблица В.1

Наименование узлов участка		Длина участка тепловой сети, м	Условный проход трубопровода, мм	Тип прокладки	Материал тепловой изоляции	Год прокладки
начальный	конечный					
1	2	3	4	5	6	7

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Среднемесячные и среднегодовые температуры окружающей среды и сетевой воды

Таблица Г.1

Месяцы	Температура средняя за 5 лет, °С		Температура сетевой воды, °С	
	грунта	наружного воздуха	в подающем трубопроводе	в обратном трубопроводе
Январь				
Февраль				
Март				
Апрель				
Май				
Июнь				
Июль				

Продолжение таблицы Г.1

Месяцы	Температура средняя за 5 лет, °С		Температура сетевой воды, °С	
	грунта	наружного воздуха	в подающем трубопроводе	в обратном трубопроводе
Август				
Сентябрь				
Октябрь				
Ноябрь				
Декабрь				
Среднегодовая температура, °С				

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Характеристика потребителей тепловой энергии и приборов учета

Таблица Д.1

Наименование потребителя	Тип системы теплоснабжения (открытая, закрытая)	Присоединенная нагрузка, ГДж/ч				Марка прибора учета	Глубина архива		Наличие централизованного сбора данных (да, нет)
		отопление	вентиляция	ГВС	всего		суточный	часовой	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

**Нормы потерь тепловой энергии
изолированными водяными теплопроводами,
расположенными в непроходных каналах
и при бесканальной прокладке**

(с расчетной температурой грунта +5 °С
на глубине заложения теплопроводов) по [2]

Таблица Е.1

Наружный диаметр труб, мм	Нормы потерь тепловой энергии, Вт/м			
	Обратного теплопровода при средней температуре воды ($t_0=50\text{ °C}$)	Двухтрубной прокладки при разности средних годовых температур воды и грунта 52,5 °С ($t_n=65\text{ °C}$)	Двухтрубной прокладки при разности средних годовых температур воды и грунта 65 °С ($t_n=90\text{ °C}$)	Двухтрубной прокладки при разности средних годовых температур воды и грунта 75 °С ($t_n=110\text{ °C}$)
32	23	52	60	67
57	29	65	75	84
76	34	75	86	95
89	36	80	93	102
108	40	88	102	111
159	49	109	124	136
219	59	131	151	165
273	70	154	174	190
325	79	173	195	212
377	88	191	212	234
426	95	209	235	254
478	106	230	259	280
529	117	251	282	303
630	133	286	321	345
720	145	316	355	379
820	164	354	396	423
920	180	387	433	463
1020	198	426	475	506
1220	233	499	561	591
1420	265	568	644	675

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

**Нормы потерь тепловой энергии
одним изолированным водяным теплопроводом
при надземной прокладке**

**(с расчетной среднегодовой температурой
наружного воздуха +5 °С) по [2]**

Таблица Ж.1

Наружный диаметр труб, мм	Нормы потерь тепловой энергии, Вт/м			
	Разность среднегодовой температуры сетевой воды в подающем или обратном трубопроводах и наружного воздуха, °С			
	45	70	95	120
32	17	27	36	44
49	21	31	42	52
57	24	35	46	57
76	29	41	52	64
89	32	44	58	70
108	36	50	64	78
133	41	56	70	86
159	44	58	75	93
194	49	67	85	102
219	53	70	90	110
273	61	81	101	124
325	70	93	116	139
377	82	108	132	157
426	95	122	148	174
478	103	131	158	186
529	110	139	168	197
630	121	154	186	220
720	133	168	204	239
820	157	195	232	270
920	180	220	261	302
1020	209	255	296	339
1420	267	325	377	441

ПРИЛОЖЕНИЕ И

**Нормы плотности теплового потока
через изолированную поверхность трубопроводов
двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке
в непроходных каналах, Вт/м, по [4]**

Таблица И.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод					
	подаю- щий	обрат- ный	подаю- щий	обрат- ный	подаю- щий	обрат- ный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
25	16	11	23	10	28	9
30	17	12	24	11	30	10
40	18	13	26	12	32	11
50	20	14	28	13	35	12
65	23	16	34	15	40	13
80	25	17	36	16	44	14
100	28	19	41	17	48	15
125	31	21	42	18	50	16
150	32	22	44	19	55	17
200	39	27	54	22	68	21
250	45	30	64	25	77	23
300	50	33	70	28	84	25
350	55	37	75	30	94	26
400	58	38	82	33	101	28
450	67	43	93	36	107	29
500	68	44	98	38	117	32
600	79	50	109	41	132	34
700	89	55	126	43	151	37
800	100	60	140	45	163	40
900	106	66	151	54	186	43
1000	117	71	158	57	192	47
1200	144	79	185	64	229	52
1400	152	82	210	68	252	56

ПРИЛОЖЕНИЕ К

**Нормы плотности теплового потока
через изолированную поверхность трубопроводов
при двухтрубной подземной бесканальной прокладке
водяных тепловых сетей, Вт/м, по [4]**

Таблица К.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000			
	Трубопровод			
	подаю- щий	обрат- ный	подаю- щий	обрат- ный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С			
	65	50	90	50
25	33	25	44	24
50	40	31	54	29
65	45	34	60	33
80	46	35	61	34
100	49	38	65	35
125	53	41	72	39
150	60	46	80	43
200	66	50	89	48
250	72	55	96	51
300	79	59	105	56
350	86	65	113	60
400	91	68	121	63
450	97	72	129	67
500	105	78	138	72
600	117	87	156	80
700	126	93	170	86
800	140	102	186	93

Коэффициент, учитывающий изменение норм плотности теплового потока при применении теплоизоляционного слоя из пенополиуретана, полимербетона, фенольного поропласта ФЛ

Таблица К.2

Материал теплоизоляционного слоя	Условный проход трубопровода, мм			
	25-65	80-150	200-300	350-500
Пенополиуретан, фенольный поропласт ФЛ	0,5	0,6	0,7	0,8
Полимербетон	0,7	0,8	0,9	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов водяных тепловых сетей при расположении на открытом воздухе, Вт/м, по [4]

Таблица Л.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
15	10	20	30
20	11	22	34
25	13	25	37
40	15	29	44
50	17	31	47
65	19	36	54
80	21	39	58
100	24	43	64
125	27	49	70
150	30	54	77
200	37	65	93
250	43	75	106

Продолжение таблицы Л.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
300	49	84	118
350	55	93	131
400	61	102	142
450	65	109	152
500	71	119	166
600	82	136	188
700	92	151	209
800	103	167	213
900	113	184	253
1000	124	201	275
Криволинейные поверхности с наружным услов- ным проходом более 1020 мм и плоские	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ²		
	35	54	70

ПРИЛОЖЕНИЕ М

**Нормы плотности теплового потока
через изолированную поверхность трубопроводов
водяных тепловых сетей при расположении
в помещении и тоннеле, Вт/м, по [4]**

Таблица М.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
15	8	18	28
20	9	20	32
25	10	22	35

Продолжение таблицы М.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
40	12	26	41
50	13	28	44
65	15	32	50
80	16	35	54
100	18	39	60
125	21	44	66
150	24	49	73
200	29	59	88
250	34	68	100
300	39	77	112
350	44	85	124
400	48	93	135
450	52	101	145
500	57	109	156
600	67	125	176
700	74	139	199
800	184	155	220
900	93	170	241
1000	102	186	262
Криволинейные поверхности с на- ружным условным проходом более 1020 мм и плоские	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ²		
	29	50	68

Примечание. При расположении изолированных поверхностей в тоннеле (проходном и полупроходном каналах) к нормам плотности следует вводить коэффициент 0,85.

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах и подземной бесканальной прокладке, Вт/м, по [3]

Таблица Н.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод					
	подаю- щий	обрат- ный	подаю- щий	обрат- ный	подаю- щий	обрат- ный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
25	14	9	20	9	24	8
30	15	10	20	10	26	9
40	16	11	22	11	27	10
50	17	12	24	12	30	11
65	20	13	29	13	34	12
80	21	14	31	14	37	13
100	24	16	35	15	41	14
125	26	18	38	16	43	15
150	27	19	42	17	47	16
200	33	23	49	19	58	18
250	38	26	54	21	66	20
300	43	28	60	24	71	21
350	46	31	64	26	80	22
400	50	33	70	28	86	24
450	54	36	79	31	91	25
500	58	37	84	32	100	27
600	67	42	93	35	112	31
700	76	47	107	37	128	31
800	85	51	119	38	139	34
900	90	56	128	43	150	37
1000	100	60	140	46	163	40
1200	114	67	158	53	190	44
1400	130	70	179	58	224	48

ПРИЛОЖЕНИЕ П

**Нормы плотности теплового потока
через изолированную поверхность трубопроводов
водяных тепловых сетей при расположении
на открытом воздухе по [3]**

Таблица П.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
	Нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м		
25	11	20	30
40	12	24	36
50	14	25	38
65	15	29	44
80	17	32	47
100	19	35	52
125	22	40	57
150	24	44	62
200	30	53	75
250	35	61	86
300	40	68	96
350	45	75	106
400	49	83	115
450	53	88	123
500	58	96	135
600	66	110	152
700	75	122	169
800	83	135	172
900	92	149	205
1000	101	163	223
Криволинейные поверхности с на- ружным условным проходом более 1020 мм и плоские	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ²		
	28	44	57

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

**Нормы плотности теплового потока
через изолированную поверхность трубопроводов
водяных тепловых сетей при расположении
в помещении и тоннеле по [3]**

Таблица Р.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000		
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С		
	50	100	150
	Нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м		
25	8	18	28
40	10	21	33
50	10	22	35
65	12	26	40
80	13	28	43
100	14	31	48
125	17	35	53
150	19	39	58
200	23	47	70
250	27	54	80
300	31	62	90
350	35	68	99
400	38	74	108
450	42	81	116
500	46	87	125
600	54	100	143
700	59	111	159
800	67	124	176
900	74	136	193
1000	82	149	210
Криволинейные поверхности с на- ружным условным проходом более 1020 мм и плоские	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ²		
	23	40	54

Примечание. При расположении изолированных поверхностей в тоннеле (проходном и полупроходном каналах) к нормам плотности следует вводить коэффициент 0,85.

**Перечень нормативно-технических документов,
на которые имеются ссылки**

1. Определение фактических тепловых потерь через теплоизоляцию в сетях централизованного теплоснабжения /Семенов В. Г. – М.: Новости теплоснабжения, 2003 (№4).
2. Нормы проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей. – М.: Госстройиздат, 1959.
3. СНиП 2.04.14–88*. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: ГУП ЦПП Госстроя России, 1999.
4. Методика расчета потерь тепла в тепловых сетях при транспортировке. – М.: Фирма ОРГРЭС, 1999.
5. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
6. Типовая инструкция по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей): РД 153-34.0-20.507–98. – М.: СПО ОРГРЭС, 1986.
7. Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. – М.: Роскоммунэнерго, 2002.
8. Методические рекомендации по регулированию отношений между энергоснабжающей организацией и потребителями /Под общей ред. Б. П. Варнавского. – М.: Новости теплоснабжения, 2003.
9. ГОСТ 26691–85. Теплоэнергетика. Термины и определения.
10. ГОСТ 19431–84. Энергетика и электрификация. Термины и определения.
11. Правила разработки предписаний, циркуляров, оперативных указаний, руководящих документов и информационных писем в электроэнергетике: РД 153-34.0-01.103–2000. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2. СБОР И ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	6
2.1. Сбор исходных данных по тепловой сети	6
2.2. Обработка исходных данных приборов учета	8
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	11
3.1. Определение среднегодовых нормативных потерь тепловой энергии	11
3.2. Определение нормативных потерь тепловой энергии за период измерений	16
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	19
4.1. Определение фактических потерь тепловой энергии за период измерений	19
4.2. Определение фактических потерь тепловой энергии за год	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	28
Приложение А. Термины и определения	28
Приложение Б. Условные обозначения величин	31
Приложение В. Характеристика участков тепловой сети ...	38
Приложение Г. Среднемесячные и среднегодовые температуры окружающей среды и сетевой воды	38
Приложение Д. Характеристика потребителей тепловой энергии и приборов учета	39
Приложение Е. Нормы потерь тепловой энергии изолиро- ванными водяными теплопроводами, расположенными в непроходных каналах и при бесканальной прокладке	40
Приложение Ж. Нормы потерь тепловой энергии одним изолированным водяным теплопроводом при надземной прокладке	41

Приложение И. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах	42
Приложение К. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке водяных тепловых сетей	43
Приложение Л. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов водяных тепловых сетей при расположении на открытом воздухе	44
Приложение М. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов водяных тепловых сетей при расположении в помещении и тоннеле	45
Приложение Н. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах и подземной бесканальной прокладке	47
Приложение П. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов водяных тепловых сетей при расположении на открытом воздухе	48
Приложение Р. Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов водяных тепловых сетей при расположении в помещении и тоннеле	49
Приложение С. Перечень нормативно-технических документов, на которые имеются ссылки	50

Нормативно-производственное издание

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ
ЧЕРЕЗ ТЕПЛОВУЮ ИЗОЛЯЦИЮ ТРУБОПРОВОДОВ
ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*Художественный редактор Н. И. Комиссарова
Технический редактор Ж. М. Голубева
Компьютерная верстка М. А. Толокновой
Корректор Е. В. Кузнецова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.02.953.П.000413.03.04 от 12.03.2004 г.

Подписано в печать 01.10.2004. Формат 60×88 ¹/₁₆ Бумага офсетная.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,4. Уч.-изд. л. 3,41. Тираж 10 000 экз. (1-й завод 1–2 000 экз.)

Изд. № 252. Заказ № 9239.

ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС».
115201, г. Москва, Каширское ш., д. 22, корп. 3.
Тел./факс: (095) 113-53-90, 234-71-82.

E-mail: adres@enas.ru

<http://www.enas.ru>

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ».
140010, г. Люберцы, Московская обл., Октябрьский пр-т, 403.

Тел. 554-21-86