# МЕТОДИКА
## ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

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

gost.e-ecolog.ru

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**

© Некоммерческое Партнерство «Российское теплоснабжение», 2004
© Макет, оформление. ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2004

**ISBN 5-93196-534-3**

**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 энергии[1] 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 трубопроводе[1] 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 неотопительный 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 $t_{в}^{мес}$, °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 $t_{в}^{ср}$, °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 $t_{п}^{мес}$, °С, и обратном $t_{о}^{мес}$, °С, трубопроводах (табл. Г.1 приложения Г). Среднемесячные температуры сетевой воды определяются по среднемесячной температуре наружного воздуха. Среднегодовые температуры сетевой воды в подающем $t_{п}^{ср}$, °С, и обратном $t_{о}^{ср}$, °С, трубопроводах определя-

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

На основании данных службы учета теплопотребления 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 измерения 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 $n_и$, данные за которые будут использоваться для последующей обработки.

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

$$\tau_п = \frac{V_п \cdot \rho}{G_п^{нст}}, \qquad (2.1)$$

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

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

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

Период измерений должен удовлетворять следующим условиям:

средняя температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии за время $\tau_п$, предшествующее началу периода измерений, и средняя температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии за время $\tau_п$ в конце периода измерений отличается не более, чем на 5 °С;

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

$$t_{п}^{ист} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{и}} t_{пk}^{ист}}{n_{и}}, \qquad (2.2)$$

$$t_{о}^{ист} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{и}} t_{ok}^{ист}}{n_{и}}, \qquad (2.3)$$

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

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

$n_{и}$ – *количество часов в периоде измерений.*

Для периода измерений определяются средняя температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов $t_{гр}^{и}$, °С, и средняя температура наружного воздуха $t_{в}^{и}$, °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 $q_н$, Вт/м, по формуле:

$$q_н = q_н^{T_1} + (q_н^{T_2} - q_н^{T_1}) \cdot \frac{\Delta t_{ср}^{cr} - \Delta t_{ср}^{T_1}}{\Delta t_{ср}^{T_2} - \Delta t_{ср}^{T_1}}, \qquad (3.1)$$

где $q_н^{T_1}$ – 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;

$q_н^{T_2}$ – 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;

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

$\Delta t_{ср}^{T_1}$ – меньшее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С;

$\Delta t_{ср}^{T_2}$ – 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:

$$\Delta t_{ср}^{ст} = \frac{t_{н}^{ст} + t_{о}^{ст}}{2} - t_{гр}^{ст}, \qquad (3.2)$$

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

$t_{гр}^{ст}$ – 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 $q_{но}$, 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 $q_{нп}$, Вт/м, определяются по формуле:

$$q_{нп} = q_{н} - q_{но}. \qquad (3.3)$$

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 $\Delta t_{ср}^{Т}$, °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:

$$\Delta t_{ср}^{Т} = \frac{t_{н}^{Т} + t_{о}^{Т}}{2} - t_{гр.н}^{ст}, \qquad (3.4)$$

где $t_{н}^{Т}$, $t_{о}^{Т}$ – 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 $q_н^т$, Вт/м:

$$q_н^т = q_{нпп}^т + q_{ноп}^т, \tag{3.5}$$

где $q_{нпп}^т$, $q_{ноп}^т$ – 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 $q_н$, Вт/м, определяются по формулам 3.1 и 3.2.

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

$$q_{пп} = q_{нпп}^{т_1} + (q_{нпп}^{т_2} - q_{нпп}^{т_1}) \cdot \frac{\Delta t_{пп}^{ср} - \Delta t_{пп}^{т_1}}{\Delta t_{пп}^{т_2} - \Delta t_{пп}^{т_1}}, \tag{3.6}$$

где $q_{нпп}^{т_1}$, $q_{нпп}^{т_2}$ – 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;

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

$\Delta t_{пп}^{т_1}$, $\Delta t_{пп}^{т_2}$ – 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:

$$\Delta t_{\text{пп}}^{\text{ст}} = t_{\text{п}}^{\text{ст}} - t_{\text{гр}}^{\text{ст}}, \tag{3.7}$$

где $t_{\text{гр}}^{\text{ст}}$ – 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:*

$$\Delta t_{\text{пп}}^{\text{Т}} = t_{\text{п}}^{\text{Т}} - t_{\text{гр. п}}^{\text{ст}}. \tag{3.8}$$

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

$$q_{\text{но}} = q_{\text{п}} - q_{\text{нп}} \tag{3.9}$$

**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 раздельно по подающему и обратному трубопроводам, соответственно, $q_{\text{пп}}$ и $q_{\text{но}}$, Вт/м, по формулам:

$$q_{\text{нп}} = q_{\text{нпв}}^{\text{Т}_1} + (q_{\text{нпв}}^{\text{Т}_2} - q_{\text{нпв}}^{\text{Т}_1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{пв}}^{\text{ст}} - \Delta t_{\text{пв}}^{\text{Т}_1}}{\Delta t_{\text{пв}}^{\text{Т}_2} - \Delta t_{\text{пв}}^{\text{Т}_1}}, \tag{3.10}$$

$$q_{\text{но}} = q_{\text{нов}}^{\text{Т}_1} + (q_{\text{нов}}^{\text{Т}_2} - q_{\text{нов}}^{\text{Т}_1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ов}}^{\text{ст}} - \Delta t_{\text{ов}}^{\text{Т}_1}}{\Delta t_{\text{ов}}^{\text{Т}_2} - \Delta t_{\text{ов}}^{\text{Т}_1}}, \tag{3.11}$$

где $q_{\text{нпв}}^{\text{Т}_1}$, $q_{\text{нпв}}^{\text{Т}_2}$ – 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;

$q_{\text{нов}}^{\text{Т}_1}$, $q_{\text{нов}}^{\text{Т}_2}$ – 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;

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

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

$\Delta t_{ов}^{T_1}$, $\Delta t_{ов}^{T_2}$ – 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:

$$\Delta t_{пв}^{cr} = t_{п}^{cr} - t_{в}^{cr}, \tag{3.12}$$

$$\Delta t_{ов}^{cr} = t_{о}^{cr} - t_{в}^{cr}, \tag{3.13}$$

где $t_{в}^{cr}$ – 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:

$$Q_{нп}^{cr} = q_{нп} \cdot L \cdot \beta, \tag{3.14}$$

$$Q_{но}^{cr} = q_{но} \cdot L \cdot \beta, \tag{3.15}$$

где $Q_{нп}^{cr}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу, Вт;

$Q_{но}^{cr}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по обратному трубопроводу, Вт;

$L$ – длина участка тепловой сети, м;

$\beta$ – 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 проладке.

## 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 $Q^{н}_{нп}$, Вт, и обратном $Q^{н}_{но}$, Вт, трубопроводах.

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

$$Q^{н}_{нп} = 0{,}5 \cdot \left( (Q^{ст}_{нп} + Q^{ст}_{но}) \cdot \frac{t^{н}_{п} + t^{н}_{о} - 2 \cdot t^{н}_{гр}}{t^{ст}_{п} + t^{ст}_{о} - 2 \cdot t^{ст}_{гр}} + (Q^{ст}_{нп} - Q^{ст}_{но}) \cdot \frac{t^{н}_{п} - t^{н}_{о}}{t^{ст}_{п} - t^{ст}_{о}} \right), \quad (3.16)$$

$$Q^{н}_{но} = 0{,}5 \cdot \left( (Q^{ст}_{но} + Q^{ст}_{но}) \cdot \frac{t^{н}_{п} + t^{н}_{о} - 2 \cdot t^{н}_{гр}}{t^{ст}_{п} + t^{ст}_{о} - 2 \cdot t^{ст}_{гр}} - (Q^{ст}_{нп} - Q^{ст}_{но}) \cdot \frac{t^{н}_{п} - t^{н}_{о}}{t^{ст}_{п} - t^{ст}_{о}} \right). \quad (3.17)$$

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

$$Q^{н}_{нп} = Q^{ст}_{нп} \cdot \frac{t^{нст}_{п} - t^{н}_{в}}{t^{ст}_{п} - t^{ст}_{в}}, \quad (3.18)$$

$$Q^{н}_{но} = Q^{ст}_{но} \cdot \frac{t^{нст}_{о} - t^{н}_{в}}{t^{ст}_{о} - t^{ст}_{в}}. \quad (3.19)$$

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

$t^{ст}_{п}$, $t^{ст}_{о}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, соответственно, °С;

$t^{н}_{гр}$, $t^{н}_{в}$ – средняя за период измерений температура грунта и наружного воздуха, соответственно, °С;

$t^{ст}_{гр}$, $t^{ст}_{в}$ – 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 $Q^{н}_{нпс}$, Вт:

$$Q^{н}_{нпс} = \sum Q^{н}_{нп}. \quad (3.20)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков подземной прокладки $Q^{н}_{нпп}$, Вт:

$$Q^{н}_{нпп} = \sum_{подземн} Q^{н}_{нп}. \quad (3.21)$$

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

$$Q^{н}_{ноп} = \sum_{подземн} Q^{н}_{но}. \quad (3.22)$$

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

$$Q^{н}_{нпв} = \sum_{надземн} Q^{н}_{нп}. \quad (3.23)$$

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

$$Q^{н}_{нов} = \sum_{надземн} Q^{н}_{но}. \quad (3.24)$$

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

$$Q^{н}_{нпт} = \sum_{тоннель} Q^{н}_{нп}. \quad (3.25)$$

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

$$Q^{н}_{нот} = \sum_{тоннель} Q^{н}_{но}. \quad (3.26)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах $Q^{н}_{\text{нподв}}$, Вт:

$$Q^{н}_{\text{нподв}} = \sum_{\text{подвал}} Q^{н}_{\text{нл}}. \qquad (3.27)$$

Определяются нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах $Q^{н}_{\text{нопдв}}$, Вт:

$$Q^{н}_{\text{нопдв}} = \sum_{\text{подвал}} Q^{н}_{\text{но}}. \qquad (3.28)$$

# 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:

$$G_{\text{п}}^{\text{ист}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{и}}} G_{\text{пk}}^{\text{ист}}}{3,6 \cdot n_{\text{и}}}, \tag{4.1}$$

$$G_{\text{п}}^{i} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{и}}} G_{\text{пk}}^{i}}{3,6 \cdot n_{\text{и}}}, \tag{4.2}$$

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

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

$G_{\text{п}}^{i}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу у *i*-го потребителя тепловой энергии, кг/с;

$G_{\text{пk}}^{i}$ – 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:

$$G_{\text{утечек}}^{\text{ист}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{и}}} G_{\text{утечек k}}^{\text{ист}}}{3,6 \cdot n_{\text{и}}}, \tag{4.3}$$

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

$G^{ист}_{утечек\ k}$ – 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 $G^{без\ приб}_{п}$, кг/с, для всех потребителей тепловой энергии, не имеющих приборов учета (*j*-ых потребителей тепловой энергии), для закрытых систем теплоснабжения определяется по формуле:

$$G^{без\ приб}_{п} = G^{ист}_{п} - \sum_{i} G^{i}_{п} - (3/4 \cdot G^{ист}_{утечек}). \qquad (4.4)$$

**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 $G^{ист}_{подп.\ ночь}$, т/ч. Для определения величины $G^{ист}_{утечек}$, кг/с, используется формула:

$$G^{ист}_{утечек} = \frac{G^{ист}_{подп.\ ночь}}{3,6}. \qquad (4.5)$$

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 $G^{i}_{потреб.\ ночь}$, т/ч. Для определения величины $G^{ист}_{утечек}$, кг/с, используется формула:

$$G^{ист}_{утечек} = \frac{G^{ист}_{подп.\ ночь} - \sum_{i} G^{i}_{потреб.\ ночь}}{3,6}. \qquad (4.6)$$

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 $G_{\text{п}}^{j}$, кг/с, определяется путем распределения общего расхода теплоносителя по потребителям пропорционально среднечасовой присоединенной нагрузке:

$$G_{\text{п}}^{j} = G_{\text{п}}^{\text{без приб}} \cdot \frac{Q_{\text{подкл}}^{j}}{\sum\limits_{j} Q_{\text{подкл}}^{j}}, \qquad (4.7)$$

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

$\sum\limits_{j} Q_{\text{подкл}}^{j}$ – 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 $Q_{\text{потерь п}}^{j}$, Вт:

$$Q_{\text{потерь}}^{j} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n_{\text{и}}} c_p \cdot G_{\text{п}k}^{j} \cdot (t_{\text{п}k}^{\text{ист}} - t_{\text{п}k}^{j})}{3{,}6 \cdot n_{\text{и}}}, \qquad (4.8)$$

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

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

$t_{\text{п}k}^{j}$ – 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, $Q_{\text{потерь п}}^{\text{приб}}$, Вт:

$$Q_{\text{потерь п}}^{\text{приб}} = \sum_{i} Q_{\text{потерь п}}^{i}. \qquad (4.9)$$

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

$$Q_{\text{п. м}}^{i} = Q_{\text{потерь п}}^{i} - Q_{\text{потерь п}}^{\text{отв}i}. \qquad (4.10)$$

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

$$Q_{\text{потерь п}}^{\text{отв}i} = Q_{\text{нп}}^{\text{п. отв}i}, \qquad (4.11)$$

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

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

$$Q_{п.\,м}^{прив} = \sum_{i} Q_{п.\,м}^{i}. \qquad (4.12)$$

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

$$r_{потерь\,п} = \frac{Q_{п.\,м}^{прив}}{\sum_{i} (G_{п}^{i} \cdot l^{i})}, \qquad (4.13)$$

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 $Q_{потерь\,п}^{j}$, Вт, у $j$-ых потребителей без приборов учета используется соотношение:

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

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 $Q_{потерь\,п}^{без\ прив}$, Вт, в подающих трубопроводах для $j$-ых потребителей, не имеющих приборов учета:

$$Q_{потерь\,п}^{без\ прив.} = \sum_{j} Q_{потерь\,п}^{j}. \qquad (4.15)$$

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

$$Q_{потерь\,п}^{и} = Q_{потерь\,п}^{прив} + Q_{потерь\,п}^{без\ прив.}. \qquad (4.16)$$

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:

$$K = \frac{Q_{потерь\,п}^{и}}{Q_{нпс}^{и}}, \qquad (4.17)$$

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

$$K = \frac{Q^{и}_{\text{потерь п}}}{Q^{и}_{\text{нпс}}}. \qquad (4.18)$$

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

$$\overline{\Delta Q} = \frac{\left|Q^{и}_{\text{потерь п. 1}} - Q^{и}_{\text{потерь п. 2}}\right|}{Q^{и}_{\text{потерь п 2}}}. \qquad (4.19)$$

Если значение $\overline{\Delta Q} > 0{,}05$, то для определения величины $Q^{и}_{\text{потерь п}}$ 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 $Q^{и}_{\text{потерь п}}$, 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:

$$\tau = \sum \tau_{к}, \qquad (4.20)$$

$$\tau_{к} = \frac{l_k}{W_k} = \frac{l_k \cdot \rho \cdot F_k}{G_k}, \qquad (4.21)$$

где $\tau_{к}$ – 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/м$^3$;

$F_k$ – площадь сечения трубопровода на однородном участке, м$^2$;

$G_k$ – 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, $r^{\tau}_{\text{потерь п}}$, Дж/(кг·с):

$$r^{\tau}_{\text{потерь п}} = \frac{Q^{\text{приб}}_{\text{потерь п}}}{\sum_{i}(G^{i}_{\text{п}} \cdot \tau^{i})}, \qquad (4.22)$$

где $\tau^{i}$ – 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 $Q^{j}_{\text{потерь п}}$, Вт, отнесенные к $j$-му потребителю без приборов учета:

$$Q^{j}_{\text{потерь п}} = r^{\tau}_{\text{потерь п}} \cdot G^{j}_{\text{п}} \cdot \tau^{j}, \qquad (4.23)$$

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

Определив $Q^{\text{без приб}}_{\text{потерь п}}$ по формуле 4.15, вычисляем $Q^{\text{и}}_{\text{потерь п}}$ по формуле 4.16. Значение потерь тепловой энергии $Q^{\text{и}}_{\text{потерь п}}$, 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 $Q^{\text{и}}_{\text{потерь п. п}}$, Вт:

$$Q^{\text{и}}_{\text{потерь п. п}} = Q^{\text{и}}_{\text{потерь п}} \cdot \frac{Q^{\text{и}}_{\text{нип}}}{Q^{\text{и}}_{\text{нис}}}. \qquad (4.24)$$

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

$$Q^{\text{и}}_{\text{потерь п. в}} = Q^{\text{и}}_{\text{потерь п}} \cdot \frac{Q^{\text{и}}_{\text{нив}}}{Q^{\text{и}}_{\text{нис}}}. \qquad (4.25)$$

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

$$Q^{\text{и}}_{\text{потерь п. т}} = Q^{\text{и}}_{\text{потерь п}} \cdot \frac{Q^{\text{и}}_{\text{нит}}}{Q^{\text{и}}_{\text{нис}}}. \qquad (4.26)$$

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

$$Q^{и}_{\text{потерь п. пдв}} = Q^{и}_{\text{потерь п}} \cdot \frac{Q^{и}_{\text{попдв}}}{Q^{и}_{\text{попс}}}. \quad (4.27)$$

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

$$Q^{и}_{\text{потерь обр.п}} = Q^{и}_{\text{потерь п. п}} \cdot \frac{Q^{и}_{\text{нап}}}{Q^{и}_{\text{нпп}}}. \quad (4.28)$$

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

$$Q^{и}_{\text{потерь обр. в}} = Q^{и}_{\text{потерь п. в}} \cdot \frac{Q^{и}_{\text{нов}}}{Q^{и}_{\text{нпв}}}. \quad (4.29)$$

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

$$Q^{и}_{\text{потерь обр. т}} = Q^{и}_{\text{потерь п. т}} \cdot \frac{Q^{и}_{\text{нот}}}{Q^{и}_{\text{нпт}}}. \quad (4.30)$$

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

$$Q^{и}_{\text{потерь обр. пдв}} = Q^{и}_{\text{потерь п. пдв}} \cdot \frac{Q^{и}_{\text{попдв}}}{Q^{и}_{\text{нппдв}}}. \quad (4.31)$$

Определяются средние за период измерений фактические суммарные потери тепловой энергии в обратных трубопроводах $Q^{и}_{\text{потерь обр}}$, Вт:

$$Q^{и}_{\text{потерь обр}} = Q^{и}_{\text{потерь обр. п}} + Q^{и}_{\text{потерь обр. в}} + Q^{и}_{\text{потерь обр. т}} + Q^{и}_{\text{потерь обр. пдв}}. \quad (4.32)$$

Определяются средние за период измерений фактические суммарные потери тепловой энергии $Q^{и}_{\text{потерь}}$, Вт, в сети:

$$Q^{и}_{\text{потерь}} = Q^{и}_{\text{потерь п}} + Q^{и}_{\text{потерь обр}}. \quad (4.33)$$

## 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 $Q^{\text{мес}}_{\text{потерь п}}$, Вт, по формуле:

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь п}} = (Q^{\text{н}}_{\text{потерь п. п}} + Q^{\text{н}}_{\text{потерь обр. п}}) \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{п}} + t^{\text{мес}}_{\text{о}} - 2 \cdot t^{\text{мес}}_{\text{тр}})}{(t^{\text{н}}_{\text{п}} + t^{\text{н}}_{\text{о}} - 2 \cdot t^{\text{н}}_{\text{тр}})}. \qquad (4.34)$$

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

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь п. в}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь п. в}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{п}} - t^{\text{мес}}_{\text{в}})}{(t^{\text{н}}_{\text{п}} - t^{\text{н}}_{\text{в}})}, \qquad (4.35)$$

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь обр. в}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь обр. в}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{о}} - t^{\text{мес}}_{\text{в}})}{(t^{\text{н}}_{\text{о}} - t^{\text{н}}_{\text{в}})}. \qquad (4.36)$$

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

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь п. т}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь п. т}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{п}} - 40)}{(t^{\text{н}}_{\text{п}} - 40)}, \qquad (4.37)$$

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь обр. т}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь обр. т}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{о}} - 40)}{(t^{\text{н}}_{\text{о}} - 40)}. \qquad (4.38)$$

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

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь п. пдв}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь п. пдв}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{п}} - 20)}{(t^{\text{н}}_{\text{п}} - 20)}, \qquad (4.39)$$

$$Q^{\text{мес}}_{\text{потерь обр. пдв}} = Q^{\text{н}}_{\text{потерь обр. пдв}} \cdot \frac{(t^{\text{мес}}_{\text{о}} - 20)}{(t^{\text{н}}_{\text{о}} - 20)}. \qquad (4.40)$$

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

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

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

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

$$Q^{\text{год}}_{\text{потерь}} = \sum_{\text{по месяцам}} Q^{\text{мес}}_{\text{потерь}}. \qquad (4.42)$$

# 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 теплопотребления при расчетной для каждого вида нагрузки температуре наружного воздуха либо суммарный проектный максимальный часовой расход теплоносителя для всех систем теплопотребления, 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 теплопотребления** – 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 теплопотребления [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 теплопотреблений 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 теплопотребления, трансформацию, регулирование параметров теплоносителя [5].

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

**Теплопотребляющая 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 теплопотребления [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].

## Условные обозначения величин

$Q^{год}_{потерь}$ – фактические потери тепловой энергии во всей сети за год, ГДж;

$Q^{мес}_{потерь}$ – фактические потери тепловой энергии во всей сети за месяц, ГДж;

$Q^{мес}_{потерь\ п}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам для всех участков подземной прокладки, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ п.\ в}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков надземной прокладки, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ обр.\ в}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков надземной прокладки, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ п.\ т}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ обр.\ т}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ п.\ подв}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по подающему трубопроводу для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;

$Q^{мес}_{потерь\ обр.\ подв}$ – фактические среднемесячные потери тепловой энергии отдельно по обратному трубопроводу для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;

$Q^{и}_{потерь}$ – фактические суммарные потери тепловой энергии в сети средние за период измерений, Вт;

$Q^{и}_{потерь\ п.\ п}$ – фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков подземной прокладки средние за период измерений, Вт;

$Q^{и}_{потерь\ п.\ в}$ – фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков надземной прокладки средние за период измерений, Вт;

$Q^{и}_{потерь\ п.\ т}$ – фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, средние за период измерений, Вт;

$Q^{и}_{потерь\ п.\ подв}$ – фактические потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах, средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ обр\ п}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков подземной прокладки средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ обр.\ в}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков надземной прокладки средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ обр.\ т}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ обр\ подв}$ – фактические потери тепловой энергии в обратных трубопроводах для всех участков, расположенных в подвалах средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ п}$ – фактические суммарные потери тепловой энергии во всех подающих трубопроводах средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{потерь\ обр}$ – фактические суммарные потери тепловой энергии во всех обратных трубопроводах средние за период измерений, Вт;

$Q^{без\ приб}_{потерь\ п}$ – суммарные потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для *j*-ых потребителей, не имеющих приборов учета, средние за период измерений, Вт;

$Q^{j}_{потерь\ п}$ – потери тепловой энергии у *j*-ых потребителей без приборов учета средние за период измерения, Вт;

$Q^{приб}_{потерь\ п}$ – суммарные потери тепловой энергии в подающих трубопроводах для всех *i*-ых потребителей, имеющих приборы учета, средние за период измерений, Вт;

$Q^{i}_{потерь\ п}$ – потери тепловой энергии через тепловую изоляцию подающего трубопровода для каждого *i*-го потребителя с приборами учета средние за период измерений, Вт;

$Q^{j}_{подкл}$ – среднечасовая присоединенная нагрузка в период измерений *j*-го потребителя, ГДж/ч;

$\sum_{j} Q^{j}_{подкл}$ – среднечасовая присоединенная нагрузка всех *j*-ых потребителей без приборов учета в период измерений, ГДж/ч;

$Q^{i}_{и.\ м}$ – 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);

$Q^{отв}_{потерь\ п}$ – потери тепловой энергии в ответвлении от основного трубопровода, Вт;

$Q^{и.\ отв}_{нп}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в ответвлении от основного подающего трубопровода к *i*-му потребителю, Вт;

$Q^{приб}_{п\ м}$ – суммарные потери тепловой энергии в основных подающих трубопроводах для всех *i*-ых потребителей с приборами учета, Вт;

$Q^{н}_{нп}$ – нормативные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{но}$ – нормативные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе средние за период измерений, Вт;

$Q^{н}_{нпс}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всей сети, Вт;

$Q^{н}_{нпп}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков подземной прокладки, Вт;

$Q^{н}_{нопп}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков подземной прокладки, Вт;

$Q^{н}_{нпв}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков надземной прокладки, Вт;

$Q^{н}_{нов}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков надземной прокладки, Вт;

$Q^{н}_{нпт}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;

$Q^{н}_{нот}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков расположенных в проходных и полупроходных каналах, тоннелях, Вт;

$Q^{н}_{нпподв}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в подающем трубопроводе для всех участков, расположенных в подвалах, Вт;

$Q^{н}_{нопдв}$ – нормативные средние за период измерений потери тепловой энергии в обратном трубопроводе для всех участков расположенных в подвалах, Вт;

$Q^{ст}_{нп}$ – среднегодовые нормативные потери тепловой энергии по подающему трубопроводу, Вт;

$Q^{ст}_{но}$ – 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;

$q_{н}$ – нормативные удельные потери тепловой энергии суммарно по подающему и обратному трубопроводам для участков тепловых сетей подземной прокладки, Вт/м;

$q^{T_1}_{н}$ – 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;

$q^{T_2}_{н}$ – 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;

$q_{но}$ – среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в обратном трубопроводе, Вт/м;

$q_{нп}$ – среднегодовые нормативные удельные потери тепловой энергии в подающем трубопроводе, Вт/м;

$q_{н}^{т}$ – суммарные нормативные удельные потери тепловой энергии для подземной прокладки, Вт/м;

$q_{нпп}^{т}$, $q_{ноп}^{т}$ – соответственно, табличные значения нормативных удельных потерь тепловой энергии для подземной прокладки в подающем и обратном трубопроводах, Вт/м;

$q_{нпп}^{т_1}$, $q_{нпп}^{т_2}$ – 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;

$q_{нпв}^{т_1}$, $q_{нпв}^{т_2}$ – 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;

$q_{нов}^{т_1}$, $q_{нов}^{т_2}$ – 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;

$G_{к}^{ист}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу на источнике тепловой энергии, кг/с;

$G_{кk}^{ист}$ – измеренные значения расхода теплоносителя на источнике тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;

$G_{п}^{i}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя по подающему трубопроводу у *i*-го потребителя тепловой энергии с приборами учета, кг/с;

$G_{пk}^{i}$ – измеренные значения расхода теплоносителя у *i*-го потребителя тепловой энергии, взятые из часового файла, т/ч;

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

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

$G_{п}^{без\ приб}$ – средний за весь период измерений расход теплоносителя в подающем трубопроводе для всех потребителей тепловой энергии, не имеющих приборов учета, кг/с;

$G_{подп\ ночь}^{ист}$ – среднечасовая подпитка тепловой сети в ночное время, т/ч;

$G_{потреб\ ночь}^{i}$ – среднечасовой расход теплоносителя у каждого *i*-го потребителя, имеющего приборы учета в ночное время за каждые сутки из периода измерений, т/ч;

$G_{п}^{j}$ – 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;

$t_в^{мес}$ – среднемесячная температура наружного воздуха, °С;

$t_{гр}^{мес}$ – среднемесячная температура грунта на средней глубине заложения оси трубопровода, °С;

$t_в^{сг}$ – среднегодовая температура наружного воздуха, °С;

$t_{гр}^{сг}$ – среднегодовая температура грунта на средней глубине заложения оси трубопроводов, °С;

$t_п^{мес}$ – среднемесячная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;

$t_о^{мес}$ – среднемесячная температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С;

$t_п^{сг}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;

$t_о^{сг}$ – среднегодовая температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С;

$t_п^{ист}$ – средняя за период измерений температура сетевой воды в подающем трубопроводе на источнике тепловой энергии, °С;

$t_о^{ист}$ – средняя за период измерений температура сетевой воды в обратном трубопроводе на источнике тепловой энергии, °С;

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

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

$t_{гр}^{и}$ – средняя температура грунта на средней глубине заложения оси трубопровода за период измерений,°С;

$t_в^{и}$ – средняя температура наружного воздуха за период измерений,°С;

$t_п^{т}$, $t_о^{т}$ – соответственно, табличные значения среднегодовых температур сетевой воды в подающем (65, 90, 110 °С) и обратном (50 °С) трубопроводах, °С;

$t_{гр.н}^{сг}$ – нормативное значение среднегодовой температуры грунта, °С;

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

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

$\Delta t_{ср}^{T_1}$ – меньшее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта, °С;

$\Delta t_{ср}^{T_2}$ – большее, чем для данной сети, табличное значение разности среднегодовых температур сетевой воды и грунта,°С;

$\Delta t_{ср}^{т}$ – разность среднегодовых температур для каждой пары значений среднегодовых температур в подающих и обратных трубопроводах и грунта, °С;

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

$\Delta t_{\text{пп}}^{\text{T}_1}$, $\Delta t_{\text{пп}}^{\text{T}_2}$ – смежные, соответственно меньшее и большее, чем для данной сети, табличные значения разности среднегодовых температур сетевой воды в подающем трубопроводе и грунта, °С;

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

$\Delta t_{\text{пв}}^{\text{T}_1}$, $\Delta t_{\text{пв}}^{\text{T}_2}$ – 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;

$V_{\text{п}}$ – суммарный объем всех подающих трубопроводов тепловой сети, м$^3$;

$L$ – длина участка тепловой сети, м;

$l^i$ – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до ответвления от основного трубопровода к i-му потребителю с приборами учета, м;

$l^j$ – наименьшее расстояние от источника тепловой энергии до ответвления к $j$-му потребителю без приборов учета, м (стр. 18);

$l_k$ – длина однородного участка, м;

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

$c_p$ – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К);

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

$F_k$ – площадь прохода трубопровода на однородном участке, м$^2$;

$\beta$ – коэффициент местных потерь тепловой энергии, учитывающий потери тепловой энергии арматурой, компенсаторами и опорами;

$r_{\text{потерь п}}$ – коэффициент потерь тепловой энергии сети в основных подающих трубопроводах, Дж/(кг·м);

$r_{\text{потерь п}}^{\tau}$ – 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;

$\tau_п$ – время заполнения всех подающих трубопроводов теплоносителем, с;

$\tau$ – время движения теплоносителя от источника тепловой энергии до каждого из потребителей, с;

$\tau_к$ – время движения теплоносителя на однородном участке тепловой сети, с;

$\tau^i$ – время движения теплоносителя по подающему трубопроводу от источника тепловой энергии до $i$-го потребителя с приборами учета, с;

$\tau^j$ – 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 ($t_o$=50 °С) | Двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 52,5 °С ($t_п$=65 °С) | Двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 65 °С ($t_п$=90 °С) | Двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 75 °С ($t_п$=110 °С) |
| 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 |

## 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 |

## 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 | | | | | |
| | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный |
| | 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 |

## 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 | | | |
| | подающий | обратный | подающий | обратный |
| | 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 условным 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 наружным 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.

## 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 | | | | | |
| | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный |
| | 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 |

## 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 наружным условным проходом более 1020 мм и плоские | Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м$^2$ | | |
| | 28 | 44 | 57 |

## 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 наружным 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 изолированными 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: gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНИТИ».
140010, г. Люберцы, Московская обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел. 554-21-86
gost.e-ecolog.ru