МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ "ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ"



Москва 2003

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДЕНО
Приказом
Министерства энергетики
Российской Федерации
№ 278 от 30.06.2003 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ "ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ"

Москва 2003

Разработано Открытым акционерным обществом "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС"

© СПО ОРГРЭС, 2003

Вводится в действие
с 30.06.2003 г.

Настоящие Методические указания устанавливают принципы, способы и последовательность разработки энергетической характеристики по показателю "тепловые потери" для водяных тепловых сетей в зависимости от их конструктивных характеристик, режимов работы и условий эксплуатации, а также определяют основные условия ее разработки, корректировки и пересмотра.

Методические указания предназначены для организаций, эксплуатирующих тепловые сети, персонала предприятий тепловых сетей и цехов электростанций.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Энергетическая характеристика тепловых сетей по показателю "тепловые потери" — это выраженная в абсолютных или относительных величинах зависимость затрат тепловой энергии на ее транспорт и распределение от источника тепловой энергии до границ балансовой принадлежности тепловых сетей от температурного режима работы тепловых сетей и внешних климатических факторов при заданной схеме и конструктивных характеристиках тепловых сетей, а также физического объема тепловых сетей (диаметров и протяженности участков тепловых сетей).

Энергетическая характеристика разрабатывается с учетом технического состояния тепловых сетей и уровня их эксплуатации, обеспечивающих выполнение требований правил технической эксплуатации электрических станций и сетей, принятых технических решений по тепловым сетям и

системе теплоснабжения в целом, а также с учетом изменения теплотехнических характеристик в процессе эксплуатации тепловых сетей.

Энергетическая характеристика должна отражать реально достижимую энергетическую эффективность транспорта и распределения передачи тепловой энергии при эксплуатационных режимах работы.

1.2. Нормы тепловых потерь (нормы плотности теплового потока) — значения тепловых потерь тепловыми сетями через теплоизоляционные конструкции при среднегодовых значениях температуры теплоносителя и окружающей среды, принимаемые при проектировании тепловых сетей.

1.3. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери — значения тепловых потерь, установленные в соответствии с настоящими Методическими указаниями на предстоящий период работы при ожидаемых схемах и температурных режимах работы тепловой сети и параметрах окружающей среды.

1.4. Фактические эксплуатационные тепловые потери — значения тепловых потерь за прошедший период при фактических схемах и температурных режимах работы тепловых сетей и параметрах окружающей среды за этот же период. Фактические тепловые потери определяются по методике действующих правил учета тепловой энергии и теплоносителя.

1.5. Показатель тепловых потерь водяной тепловой сети — условная величина, определяемая отношением среднегодовых потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции в целом по тепловой сети (по видам прокладки) к ее материальной характеристике и среднегодовой разности температур сетевой воды и окружающей среды.

1.6. Параметры окружающей среды — внешние климатические факторы, объективно влияющие на величину тепловых потерь: среднегодовые, среднесезонные и среднемесячные значения температуры воздуха и грунта на глубинах заложения трубопроводов тепловых сетей, продолжительность отопительного и летнего периодов работы тепловой сети. Принимаются по данным местной метеорологической службы или климатологическим справочникам.

1.7. Материальная характеристика тепловой сети – сумма произведений наружных диаметров трубопроводов участков тепловой сети на их длину.

Материальная характеристика включает в себя все участки тепловой сети, находящиеся на балансе предприятия тепловых сетей (электростанции), с распределением их по типам прокладки и видам теплоизоляционных конструкций, а также при необходимости по принадлежности к отдельным организационным структурным единицам (районам) предприятий, эксплуатирующих тепловые сети.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Основной задачей разработки энергетической характеристики тепловых сетей по показателю "тепловые потери" является обеспечение применения единого методического подхода при определении технически обоснованных нормируемых значений эксплуатационных тепловых потерь в водяных тепловых сетях и проведении объективного анализа их работы.

2.2. Энергетическая характеристика устанавливает зависимость тепловых потерь от конструктивных характеристик тепловых сетей, режимов их работы, внешних климатических факторов с учетом условий эксплуатации и технического состояния тепловых сетей.

2.3. Тепловые потери в конкретных тепловых сетях являются величиной индивидуальной как в абсолютном, так и в относительном виде и не могут без дополнительного анализа являться показателем для сравнительной оценки энергетической эффективности транспорта и распределения тепловой энергии различных тепловых сетей или приниматься в качестве аналогов для других тепловых сетей.

2.4. Тепловые потери при транспорте и распределении тепловой энергии состоят из потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции и потерь тепловой энергии с потерями сетевой воды.

2.5. Технической базой для разработки энергетической характеристики в части тепловых потерь через теплоизоля-

ционные конструкции является проведение испытаний тепловых сетей на тепловые потери специализированными организациями в соответствии с действующими Методическими указаниями по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях с периодичностью, регламентируемой действующими Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭ), а также использование в отдельных случаях, рассматриваемых настоящими Методическими указаниями, расчетных (расчетно-аналитических) методов определения тепловых потерь.

2.6. Помимо результатов периодических тепловых испытаний, обработанных и представленных в соответствующем виде, результатов расчетов (для случаев, когда тепловые потери допускается определять расчетным путем) в качестве исходных данных используется исполнительная техническая документация по конструктивным характеристикам тепловых сетей, статистические данные по режимам работы тепловых сетей и метеорологическим условиям, а также сведения о техническом состоянии тепловых сетей по результатам проведенных обследований, плановых шурфовок, вскрытий при ремонте, статистики повреждаемости и т.п.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ВОДЯНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ СЕТЯМИ

3.1. Определение тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции

3.1.1. Значения тепловых потерь тепловыми сетями через теплоизоляционные конструкции в общем виде зависят от:

— вида теплоизоляционной конструкции и примененных теплоизоляционных материалов;

— типов прокладки (надземная, подземная канальная, бесканальная и т.п.) и их соотношений для данной тепловой сети;

— температурного режима и продолжительности работы тепловой сети в течение года;

— параметров окружающей среды: температуры наружного воздуха, грунта и характера ее изменения в течение года, а в отдельных случаях — от скорости ветра (при надземной прокладке);

— материальной характеристики тепловой сети и ее структуры по диаметрам и протяженности трубопроводов по типам прокладки и видам теплоизоляционных конструкций;

— срока и условий эксплуатации тепловых сетей.

Кроме того, значения тепловых потерь определяются местными особенностями (гидрологическими условиями, схемными и планировочными решениями, насыщенностью и характером смежных коммуникаций и т.п.).

3.1.2. Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции в планируемом периоде (год, сезон, месяц) производится исходя из часовых потерь тепловой энергии при среднегодовых (в отдельных случаях — среднесезонных) условиях работы тепловых сетей.

3.1.3. За основу определения нормируемых эксплуатационных часовых тепловых потерь принимаются следующие положения:

— на основании данных о конструктивных характеристиках по всем участкам тепловой сети (типе прокладки, виде теплоизоляционной конструкции, диаметре, длине и т.п.), а также времени ввода в эксплуатацию определяются часовые тепловые потери по отдельным участкам при среднегодовых (среднесезонных) температурных условиях работы тепловой сети исходя из норм тепловых потерь по соответствующим нормам проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования;

— для участков тепловой сети, характерных для данной сети по типам прокладки и видам теплоизоляционных конструкций, подвергавшихся периодическим тепловым испытаниям в соответствии с правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей, принимаются полученные при испытаниях значения фактических часовых потерь тепла, пересчитанные на среднегодовые (среднесезонные) условия работы тепловой сети;

— для участков тепловой сети, аналогичных испытанным по типам прокладки и видам теплоизоляционных конструкций, принимаются определенные по нормам проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования значения часовых среднегодовых тепловых потерь с введением поправочных коэффициентов, полученных по результатам испытаний;

— для участков тепловой сети, не имеющих аналогов среди испытанных по типам прокладки и теплоизоляционных конструкций и не являющихся характерными для данной тепловой сети, принимаются значения часовых тепловых потерь, определенные на основании теплотехнического расчета конструкций прокладки этих участков при среднегодовых (среднесезонных) условиях работы с учетом технического состояния, оцениваемого по результатам их обследования;

— для участков тепловых сетей, вводимых в эксплуатацию после монтажа, а также реконструкции или капитального ремонта, при которых производились работы по замене тепловой изоляции или изменению типа и конструкции прокладки, принимаются значения часовых тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловых сетей, определенные теплотехническим расчетом на основании данных исполнительной документации.

3.1.4. Часовые тепловые потери для среднегодовых (среднесезонных) условий всеми тепловыми сетями определяются путем суммирования часовых тепловых потерь по участкам раздельно для надземной и подземной прокладок, а также по участкам, отличающимся температурными условиями работы.

3.1.5. Месячные тепловые потери тепловой сети определяются исходя из часовых тепловых потерь при среднегодовых (среднесезонных) условиях, пересчитанных на средние температурные условия соответствующих месяцев, и количества часов работы сети в данном месяце.

3.1.6. Определение часовых тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловой сети по нормам тепловых потерь согласно соответствующим нормам проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудова-

ния осуществляется раздельно для подземной и надземной прокладок по формулам:

для подземной прокладки $Q^{ср.г}_{норм}$ [Вт(ккал/ч)] суммарно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q^{ср.г}_{норм} = \sum(q_н L\beta); \quad (1)$$

для надземной прокладки раздельно по подающему $Q^{ср.г}_{норм.п}$ и обратному $Q^{ср.г}_{норм.о}$ [Вт(ккал/ч)] трубопроводам:

$$Q^{ср.г}_{норм.п} = \sum(q_{н.п} L\beta); \quad (2)$$

$$Q^{ср.г}_{норм.о} = \sum(q_{н.о} L\beta), \quad (3)$$

где $q_н$, $q_{н.п}$ и $q_{н.о}$ — удельные (на 1 м длины) часовые тепловые потери, определенные по нормам тепловых потерь в соответствии с нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования для каждого диаметра трубопровода при среднегодовых условиях работы тепловой сети, для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт/м [ккал/(м · ч)];

L — длина трубопроводов на участке тепловой сети с диаметром d в двухтрубном исчислении при подземной прокладке и по подающей (обратной) линии при надземной прокладке, м; диаметр d может приниматься наружным или условным в зависимости от используемых норм проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования;

β — коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери арматурой, компенсаторами, опорами; принимается для подземной канальной и надземной прокладок равным 1,2 при диаметрах трубопроводов до 150 мм и 1,15 при диаметрах 150 мм и более, а также при всех диаметрах бесканальной прокладки.

3.1.7. Значения удельных часовых тепловых потерь принимаются по нормам тепловых потерь для тепловых сетей, тепловая изоляция которых выполнена согласно соответствующим нормам проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования.

Применение тех или иных норм тепловых потерь определяется в зависимости от времени проектирования (строительства) тепловых сетей: с 1959 г. по 1990 г. применяются нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными в период с 1959 г. по 1990 г., приведенные в приложении 1; с 1990 г. — нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными в период с 1990 г. по 1998 г., приведенные в приложении 2, с 1998 г. — нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными с 1998 г., приведенные в приложении 3.

Нормы тепловых потерь приведены в виде удельных (на 1 м длины трубопроводов) часовых тепловых потерь: ккал/(м · ч) или Вт/м.

3.1.8. Значения удельных часовых тепловых потерь при среднегодовой (среднесезонной) разности температур сетевой воды и окружающей среды (грунта или воздуха), отличающейся от значений, приведенных в соответствующих нормах проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования, или среднегодовой температуры теплоносителя, приведенной в строительных нормах и правилах по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов и изменениях указанных строительных норм и правил, определяются путем линейной интерполяции.

Значения удельных часовых тепловых потерь при использовании норм проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования определяются раздельно для подземной и надземной прокладок при среднегодовой, в отдельных случаях среднесезонной разности температур сетевой воды и окружающей среды (грунта или наружного воздуха) $\Delta t_{ср}^{ср.г}$, °С.

Для подземной прокладки значение среднегодовой разности температур сетевой воды и окружающей среды (грунта) $\Delta t_{ср}^{ср.г}$ (°С) определяется по формуле

$$t_{ср}^{ср.г} = \frac{t_{п}^{ср.г} + t_{о}^{ср.г}}{2} - t_{гр}^{ср.г}, \qquad (4)$$

где $t_{п}^{ср.г}$, $t_{о}^{ср.г}$ и $t_{гр}^{ср.г}$ — соответственно значения среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и температуры грунта на глубине заложения трубопроводов, °С.

Удельные часовые тепловые потери $q_{н}$ (ккал/ч) определяются суммарно для подающего и обратного трубопроводов. Для промежуточных, отличных от табличных, значений среднегодовой разности удельные часовые тепловые потери находятся путем линейной интерполяции.

Для надземной прокладки среднегодовая разность температур сетевой воды и окружающей среды (наружного воздуха) определяются отдельно для подающего $\Delta t_{ср.п}^{ср.г}$ и обратного $\Delta t_{ср.о}^{ср.г}$ трубопроводов (°С) по формулам:

$$\Delta t_{ср.п}^{ср.г} = t_{п}^{ср.г} - t_{в}^{ср.г}; \qquad (5)$$

$$\Delta t_{ср.о}^{ср.г} = t_{о}^{ср.г} - t_{в}^{ср.г}, \qquad (6)$$

где $t_{в}^{ср.г}$ — среднегодовая температура наружного воздуха, °С.

Удельные часовые тепловые потери определяются также раздельно для подающего $q_{н.п}$ и обратного $q_{н.о}$ трубопроводов. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

В отдельных случаях возникает необходимость вместо среднегодовых значений удельных часовых тепловых потерь определять среднесезонные значения, например при работе сетей только в отопительный период при отсутствии горячего водоснабжения или при самостоятельных тепловых сетях

горячего водоснабжения, осуществлении горячего водоснабжения при открытой схеме по одной трубе (без циркуляции) и т.п.

В этих случаях удельные часовые тепловые потери определяются отдельно для отопительного и летнего периодов при соответствующих разностях среднесезонных температур теплоносителя и окружающей среды, определенных по тем же формулам. Среднегодовые тепловые потери определяются путем их суммирования. При этом пересчет на другие температурные условия также производится посезонно.

Если возникает необходимость при подземной прокладке, например при прокладке в одном канале трех труб разного диаметра или работе в летнем сезоне по одной трубе, разделить суммарные тепловые потери по подающему и обратному трубопроводам, то такое разделение можно осуществить лишь приблизительно, определив тепловые потери по обратному трубопроводу методом интерполяции значений между обратным и подающим трубопроводами или экстраполяцией значений удельных тепловых потерь по обратному трубопроводу. Значения удельных тепловых потерь по подающему трубопроводу так же приближенно определяется как разность суммарных потерь и потерь по обратному трубопроводу.

3.1.9. Определение часовых тепловых потерь тепловыми сетями, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии с нормами, указанными в приложениях 2 и 3, принципиально не отличается от вышеприведенного. В то же время необходимо учитывать следующее:

— нормы приведены раздельно для тепловых сетей с числом часов работы в год более 5000, а также 5000 и менее;

— для подземной прокладки тепловых сетей нормы приведены раздельно для канальных и бесканальных прокладок;

— нормы приведены для абсолютных значений среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, а не для разности среднегодовых температур сетевой воды и окружающей среды; среднегодовая температура окружающей среды (воздуха и грунта) принята равной +5°С;

— удельные тепловые потери для участков подземной канальной и бесканальной прокладок для каждого диаметра трубопровода находятся путем суммирования тепловых потерь, определенных по нормам раздельно для подающего и обратного трубопроводов.

3.1.10. Среднегодовые значения температур сетевой воды $t_{п}^{ср.г}$ и $t_{о}^{ср.г}$ определяются как средние значения из ожидаемых среднемесячных значений температуры воды по принятому температурному графику регулирования отпуска тепла, соответствующих ожидаемым значениям температуры наружного воздуха за весь период работы тепловой сети в течение года. Среднесезонные значения температуры определяются за месяцы соответствующих сезонов, включая и неполные. При этом среднегодовые значения температур, определенные из среднесезонных значений, должны быть равны значениям среднегодовых температур, определенных по среднемесячным значениям.

Ожидаемые среднемесячные значения температуры наружного воздуха $t_{в}^{ср.г}$ и грунта $t_{гр}^{ср.г}$ (°С) определяются как средние значения из соответствующих статистических климатологических значений за последние 5 лет по данным местной метеорологической станции или по климатологическим справочникам.

Среднегодовое значение температуры грунта $t_{гр}^{ср.г}$ определяется как среднее значение из ожидаемых среднемесячных значений температуры грунта на глубине залегания трубопроводов. Сезонные значения определяются за месяцы работы сети в соответствующих сезонах.

3.1.11. К полученным значениям часовых тепловых потерь по участкам тепловой сети, определенным по нормам, вводятся поправочные коэффициенты, определяемые на основании положений п. 3.1.3 настоящих Методических указаний.

3.1.11.1. Для участков тепловой сети, подвергавшихся тепловым испытаниям, значения поправочных коэффициентов определяются:

— для участков подземной прокладки суммарно для подающего и обратного трубопроводов $K_{и}$ по формуле

$$K_{и} = \frac{Q_{и}^{ср.г}}{Q_{норм}^{ср.г}}; \qquad (7)$$

— для участков надземной прокладки раздельно для подающего $K_{п.и}$ и обратного $K_{о.и}$ трубопроводов по формулам:

$$K_{п.и} = \frac{Q_{п.и}^{ср.г}}{Q_{норм.п}^{ср.г}}; \qquad (8)$$

$$K_{о.и} = \frac{Q_{о.и}^{ср.г}}{Q_{норм.о}^{ср.г}}, \qquad (9)$$

где $Q_{и}^{ср.г}$, $Q_{п.и}^{ср.г}$ и $Q_{о.и}^{ср.г}$ — значения тепловых потерь, полученные по результатам тепловых испытаний и пересчитанные на среднегодовые условия работы тепловой сети по каждому испытанному участку соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч);

$Q_{норм}^{ср.г}$, $Q_{норм.п}^{ср.г}$ и $Q_{норм.о}^{ср.г}$ — значения часовых тепловых потерь, определенные согласно п. 3.1.6 настоящих Методических указаний по нормам для участков тепловых сетей, подвергавшихся испытаниям, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч).

Предельные максимальные значения поправочных коэффициентов не могут превышать значений поправок к нормируемым тепловым потерям тепловых сетей через теплоизоляционные конструкции, приведенных в приложении 4.

3.1.11.2. Для участков тепловых сетей, не подвергавшихся тепловым испытаниям, но имеющих типы прокладок и конструкции тепловой изоляции, аналогичные испытанным, принимаются соответствующие значения поправочных коэффи-

циентов, определенные по формулам (7) — (9), с ограничениями согласно приложению 4.

3.1.11.3. Для участков тепловых сетей, не являющихся характерными по типам прокладки и конструкциям тепловой изоляции для данной сети и не подвергавшихся тепловым испытаниям, поправочные коэффициенты определяются:

— для участков подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам $K_р$ по формуле

$$K_р = \frac{q_р}{q_н}; \qquad (10)$$

— для участков надземной прокладки раздельно по подающему $K_{п.р}$ и обратному трубопроводам $K_{о.р}$ по формулам:

$$K_{п.р} = \frac{q_{п.р}}{q_{н.п}}; \qquad (11)$$

$$K_{о.р} = \frac{q_{о.р}}{q_{н.о}}, \qquad (12)$$

где $q_р$, $q_{п.р}$ и $q_{о.р}$ — удельные часовые тепловые потери участков тепловых сетей, определенные по формулам для определения часовых удельных тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловых сетей на основании расчета, приведенным в приложении 5, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт/м [ккал/(м · ч)].

Предельные максимальные значения поправочных коэффициентов не могут превышать значений, приведенных в приложении 4.

3.1.11.4. Для участков тепловых сетей, вводимых в эксплуатацию после монтажа, реконструкции или капитального ремонта с заменой тепловой изоляции или изменением типа и конструкции изоляции и способа прокладки, соответству-

ющие поправочные коэффициенты для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам ($K_{р.нов}$) и раздельно по подающему ($K_{п.р.нов}$) и обратному ($K_{о.р.нов}$) трубопроводам надземной прокладки находятся по формулам (10)-(12).

Удельные тепловые потери рассчитываются по формулам для определения часовых удельных тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловых сетей на основании расчета, указанным в приложении 5.

В случаях, когда новые или реконструированные участки полностью соответствуют проекту по типу прокладки, качеству изоляционного материала и требованиям монтажа, тепловые потери могут приниматься по проектным данным и поправочные коэффициенты (для сохранения единого алгоритма расчета) определяются по этим данным.

При значениях поправочных коэффициентов, полученных расчетным путем, больше 1 поправки к удельным тепловым потерям, определенным по нормам, для этих участков не вводятся.

3.1.12. При определении удельных тепловых потерь на основании расчета необходимо учитывать следующее:

— расчетные зависимости приведены для наиболее распространенных видов двухтрубных прокладок тепловых сетей (подземной канальной, бесканальной и надземной); для других прокладок (канальной при числе трубопроводов более двух, канальной трубопроводов с различными теплоносителями или с различными режимами их работы, надземной с прокладкой трубопроводов сетевой воды в общей теплоизоляционной конструкции и т.п.) расчеты производятся по методикам, изложенным в специальной технической литературе;

— входящие в формулы теплотехнические характеристики, определяемые конструкцией и материалом тепловой изоляции, а также конструктивные параметры (размеры каналов и толщина стенок, расстояние между осями трубопроводов, глубина заложения и т.п.) принимаются по исполнительной технической документации и уточняются по результатам обследования;

— теплотехнические характеристики изоляционных материалов приведены для новых сетей. Для тепловых сетей, находящихся в эксплуатации, при проведении расчетов вводятся поправки, определяемые экспертным путем на основании оценки технического состояния тепловых сетей. Ориентировочные значения поправок на техническое состояние изоляции, вид и состояние грунта приведены в табл. П5.2 приложения 5;

— расчеты выполняются при среднегодовых значениях температуры теплоносителя и окружающей среды (наружного воздуха и грунта), определяемых в соответствии с п. 3.1.10 настоящих Методических указаний.

Рекомендуемые формы представления исходных данных и расчета тепловых потерь указаны в приложении 6.

3.1.13. Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции по видам прокладки в целом для тепловой сети при среднегодовых температурных условиях ее работы определяются:

— для участков подземной прокладки суммарно для подающего и обратного трубопроводов $Q_{н}^{ср.г}$ [Вт (ккал/ч)] по формуле

$$Q_{н}^{ср.г} = Q_{н.и}^{ср.г} + Q_{н.а}^{ср.г} + Q_{н.р}^{ср.г} + Q_{н.р.подз}^{ср.г}; \qquad (13)$$

— для участков надземной прокладки раздельно для подающего $Q_{н.п}^{ср.г}$ и обратного трубопроводов $Q_{н.о}^{ср.г}$ [Вт (ккал/ч)] по формулам:

$$Q_{н.п}^{ср.г} = Q_{н.п.и}^{ср.г} + Q_{н.п.а}^{ср.г} + Q_{н.п.р}^{ср.г} + Q_{н.п.р.надз}^{ср.г}; \qquad (14)$$

$$Q_{н.о}^{ср.г} = Q_{н.о.и}^{ср.г} + Q_{н.о.а}^{ср.г} + Q_{н.о.р}^{ср.г} + Q_{н.о.р.надз}^{ср.г}, \qquad (15)$$

где $Q_{н.и}^{ср.г}$, $Q_{н.п.и}^{ср.г}$ и $Q_{н.о.и}^{ср.г}$ — нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, подвергавшихся испытаниям, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч);

$Q^{ср.г}_{н.а}$, $Q^{ср.г}_{н.п.а}$ и $Q^{ср.г}_{н.о.а}$ — нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, аналогичных испытанным, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч);

$Q^{ср.г}_{н.р}$, $Q^{ср.г}_{н.п.р}$ и $Q^{ср.г}_{н.о.р}$ — нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков, не являющихся характерными для данной тепловой сети, значения которых определяются на основании расчета, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч);

$Q^{ср.г}_{н.р.подз}$, $Q^{ср.г}_{н.п.р.надз}$ и $Q^{ср.г}_{н.о.р.надз}$ — нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловых сетей, вновь вводимых в эксплуатацию или реконструированных, значения которых определяются на основании расчета или по проектным данным, соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, Вт (ккал/ч).

3.1.13.1. Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, подвергавшихся тепловым испытаниям, определяются:

— для участков подземной прокладки суммарно для подающего и обратного трубопроводов $Q^{ср.г}_{н.и}$ [Вт (ккал/ч)] по формуле

$$Q^{ср.г}_{н.и} = \sum (q_н K^н_и L \beta); \qquad (16)$$

— для участков надземной прокладки раздельно для подающего $Q^{ср.г}_{н.п.и}$ и обратного трубопроводов $Q^{ср.г}_{н.о.и}$ [Вт (ккал/ч)] по формулам:

$$Q^{ср.г}_{н.п.и} = \sum (q_{н.п} K^н_{п.и} L \beta); \qquad (17)$$

$$Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.о.и}} = \sum (q_{\text{н.о}} K^{\text{н}}_{\text{о.и}} L\beta) . \qquad (18)$$

3.1.13.2. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.а}}$, $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.п.а}}$ и $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.о.а}}$ участков тепловой сети, аналогичных испытанным, определяются по формулам (16) – (18) с теми же значениями поправочных коэффициентов $K^{\text{н}}_{\text{и}}$, $K^{\text{н}}_{\text{п.и}}$ и $K^{\text{н}}_{\text{о.и}}$, что и для испытанных участков.

3.1.13.3. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери нехарактерных для данной тепловой сети участков, удельные тепловые потери которых определялись расчетом, находятся:

– для участков подземной прокладки суммарно для подающего и обратного трубопроводов $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.р}}$ [Вт (ккал/ч)] по формуле

$$Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.р}} = \sum (q_{\text{н}} K^{\text{н}}_{\text{р}} L\beta) ; \qquad (19)$$

– для участков надземной прокладки раздельно для подающего $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.п.р}}$ и обратного $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.о.р}}$ [Вт (ккал/ч)] трубопроводов по формулам:

$$Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.п.р}} = \sum (q_{\text{н.п}} K^{\text{н}}_{\text{п.р}} L\beta) ; \qquad (20)$$

$$Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.о.р}} = \sum (q_{\text{н.о}} K^{\text{н}}_{\text{о.р}} L\beta) . \qquad (21)$$

3.1.13.4. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.р.подз}}$, $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.п.р.надз}}$ и $Q^{\text{ср.г}}_{\text{н.о.р.надз}}$ участков тепловых сетей, вновь вводимых в эксплуатацию или реконструированных, определяются по формулам (19) – (21) с подстановкой соответствующих значений удельных тепловых потерь и поправочных коэффициентов, полученных на основании расчета для этих участков или по проектным данным.

3.1.13.5. В формулах (16) – (21) коэффициенты $K^{\text{н}}_{\text{и}}$, $K^{\text{н}}_{\text{р}}$, $K^{\text{н}}_{\text{п.и}}$, $K^{\text{н}}_{\text{п.р}}$, $K^{\text{н}}_{\text{о.и}}$, $K^{\text{н}}_{\text{о.р}}$ обозначают принятые для нормирования поправочные коэффициенты к удельным тепловым потерям. Значения их могут быть равны или превышать значения K, полученные по формулам (7) – (12) для каждого слу-

чая определения удельных тепловых потерь, но не могут быть больше максимальных значений, устанавливаемых в соответствии с указаниями пп. 3.1.11.1 – 3.1.11.4.

3.1.14. Нормируемые эксплуатационные месячные тепловые потери через теплоизоляционные конструкции тепловой сети $Q_{из}^{м}$ (ГДж (Гкал)) определяются по формуле

$$Q_{из}^{м} = 3{,}6 \cdot (Q_{п}^{ср.м} + Q_{н.п}^{ср.м} + Q_{н.о}^{ср.м}) \cdot n_{м}, \qquad (22)$$

где $Q_{п}^{ср.м}$, $Q_{н.п}^{ср.м}$ и $Q_{н.о}^{ср.м}$ — нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков соответственно для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и раздельно для надземной прокладки при среднемесячных условиях работы тепловой сети, МВт (Гкал/ч);

$n_{м}$ — продолжительность работы тепловой сети в рассматриваемом месяце, ч.

Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери при среднемесячных условиях работы тепловой сети определяются:

— для участков подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам $Q_{н}^{ср.м}$ [МВт (Гкал/ч)] по формуле

$$Q_{н}^{ср.м} = Q_{н}^{ср.г} \cdot \frac{t_{п}^{ср.м} + t_{о}^{ср.м} - 2t_{гр}^{ср.м}}{t_{п}^{ср.г} + t_{о}^{ср.г} - 2t_{гр}^{ср.г}} \cdot 10^{-6}; \qquad (23)$$

— для участков надземной прокладки раздельно по подающему $Q_{н.п}^{ср.м}$ и обратному $Q_{н.о}^{ср.м}$ [МВт (Гкал/ч)] трубопроводам по формулам:

$$Q_{н.п}^{ср.м} = Q_{н.п}^{ср.г} \cdot \frac{t_{п}^{ср.м} - t_{в}^{ср.м}}{t_{п}^{ср.г} - t_{в}^{ср.м}} \cdot 10^{-6}; \qquad (24)$$

$$Q_{н.о}^{ср.м} = Q_{н.о}^{ср.г} \cdot \frac{t_{о}^{ср.м} - t_{в}^{ср.м}}{t_{о}^{ср.г} - t_{в}^{ср.м}} \cdot 10^{-6}; \qquad (25)$$

где $t_{п}^{ср.м}$ и $t_{о}^{ср.м}$ — ожидаемые среднемесячные значения температуры сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети по температурному графику при ожидаемых среднемесячных значениях температуры наружного воздуха, °С;

$t_{гр}^{ср.м}$ и $t_{в}^{ср.м}$ — ожидаемые среднемесячные температуры соответственно грунта на глубине заложения трубопроводов и наружного воздуха, °С.

3.1.15. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери через теплоизоляционные конструкции по сезонам работы тепловой сети (отопительному и летнему) и в целом за год определяются как сумма нормируемых эксплуатационных месячных тепловых потерь.

При определении сезонных потерь тепла тепловые потери переходных месяцев распределяются пропорционально числу часов работы сети в том или другом сезонах. Если при этом из работы выключается (включается) часть тепловых сетей, то тепловые потери определяются также и с учетом изменения материальной характеристики.

3.1.16. Определение удельных потерь по каждому участку тепловой сети, соответствующих потерь на участках и в целом по тепловой сети в зависимости от времени ввода в эксплуатацию (проектирования) с использованием различных норм, особенно при первоначальной разработке энергетической характеристики представляет значительную сложность. Однако настоящая методика наряду с функцией нормирования тепловых потерь также выполняет задачу оценки технического состояния тепловых сетей по уровню тепловых потерь.

В то же время в некоторых случаях, например при проведении энергетических обследований, может быть целесообразно выполнение двойного расчета тепловых потерь: по нормам, приведенным в приложении 1, по которым выполнено более 90% тепловых сетей, и по нормам, приведенным в приложении 3, которые предъявляют повышенные требования к значениям тепловых потерь. Указанные расчеты позволяют выявить теоретически возможный потенциал энер-

госбережения за счет сокращения потерь тепла через теплоизоляционные конструкции. При этом надо иметь в виду, что принятые при разработке норм, приведенных в приложении 3, цены на топливо и материалы неизвестны, как и их изменения с периода разработки до настоящего времени и тенденции в последующем.

3.2. Поправки к значениям нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции

3.2.1. Эксплуатационные часовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции для среднегодовых условий работы тепловой сети, определенные по формулам (13)-(25), относятся к периоду нормирования тепловых потерь на предстоящий год после проведения тепловых испытаний и являются исходной нормативной базой. На каждый последующий год в период между регламентными испытаниями могут вводиться поправки, значения которых определяются в соответствии с приложением 4.

3.2.2. Поправки приведены в виде повышающих коэффициентов к часовым тепловым потерям, которые определяются в зависимости от соотношения (долей) материальных характеристик подземной и надземной прокладок в целом по тепловой сети, а также соотношений тепловых потерь по участкам тепловых сетей, полученных по результатам испытаний и проведенных расчетов, и тепловых потерь по нормам [см. формулы (7)-(9)], просуммированных по отдельным участкам.

Значения поправочных коэффициентов для промежуточных соотношений видов прокладок и тепловых потерь определяются путем линейной интерполяции.

3.2.3. Предельные значения поправочных коэффициентов к нормируемым часовым тепловым потерям не могут превышать максимальных значений, указанных для каждого соотношения видов прокладок и уровня тепловых потерь. Значения поправок выше предельных принимаются в исключительных случаях на срок, необходимый для выполнения ремонтных работ по восстановлению тепловой изоляции, как

правило, не превышающий двух лет. Конкретный срок устанавливается эксплуатирующей организацией при разработке мероприятий по снижению тепловых потерь.

Во всех случаях, когда поправочные коэффициенты превышают значение 1,2, следует разрабатывать мероприятия по снижению тепловых потерь, учитывая, что эти коэффициенты определены по отношению к уровню норм, указанных в приложении 1, которые на 25-30% выше норм, указанных в приложении 2, и более чем на 50% превышают нормы, приведенные в приложении 3. Конкретные мероприятия и сроки их выполнения устанавливаются эксплуатирующей организацией исходя из общего плана мероприятий по сокращению затрат энергоресурсов на транспорт тепловой энергии.

3.2.4. Поправки не вводятся на часовые тепловые потери участков тепловых сетей, проложенных в проходных и полупроходных каналах, значения которых определены на основании тепловых испытаний или теплотехническим расчетом теплоизоляционных конструкций.

При изменении условий эксплуатации или технического состояния указанных участков их тепловые потери уточняются путем корректировки выполненных расчетов.

3.2.5. Поправки для участков подземной прокладки вводятся на суммарные тепловые потери подающего и обратного трубопроводов, для участков надземной прокладки — раздельно по подающему и обратному трубопроводам в соответствии со значением их соотношений К по формулам (7) — (12).

3.2.6. Приведенные поправки вводятся к часовым тепловым потерям участков тепловых сетей, полученным на основании результатов испытаний или расчетным путем, значения которых оцениваются в сопоставлении с тепловыми потерями по нормам, указанным в приложении 1. Поправки не распространяются на участки тепловых сетей, тепловая изоляция которых выполнена согласно нормам, указанным в приложении 2.

3.2.7. Приведенные поправки являются усредненными для всех тепловых сетей и для каждой конкретной тепловой сети уточняются по мере накопления статистических данных. При проведении очередных тепловых испытаний принятые в пред-

шествующий период (год) нормируемые тепловые потери с поправками сопоставляются с полученными по результатам испытаний значениями тепловых потерь, приведенными к среднегодовым условиям; при необходимости вносятся корректировки в указанную систему поправок.

3.3. Определение показателей нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции

3.3.1. Показатель нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции представляет собой значение часовых тепловых потерь при среднегодовых условиях по видам прокладки для всей тепловой сети, отнесенное к 1 м^2 наружной поверхности трубопроводов (единице материальной характеристики) соответствующей прокладки на 1°С среднегодовой разности температур сетевой воды и окружающей среды:

– для участков подземной прокладки значение показателя $П_{т.и}^{подз}$, Вт/(м^2 · °С) [ккал/(ч · м^2 · °С)], определяется по формуле

$$П_{т.и}^{подз} = \frac{Q_н^{ср.г}}{\pi M_п \left(\frac{t_п^{ср.г} + t_о^{ср.г}}{2} - t_{гр}^{ср.г} \right)}; \qquad (26)$$

– для участков надземной прокладки показатели тепловых потерь определяются раздельно по подающим $П_{т.и.п}^{надз}$ и обратным $П_{т.и.о}^{надз}$ трубопроводам, Вт/(м^2 · °С) [ккал/(ч · м^2 · °С)], или (приближенно) суммарно по двум трубопроводам $П_{т.и}^{надз}$ по формулам:

$$П_{т.и.п}^{надз} = \frac{Q_{н.п}^{ср.г}}{\pi M_{н.п} (t_п^{ср.г} - t_в^{ср.г})}; \qquad (27)$$

$$П_{т.и.о}^{надз} = \frac{Q_{н.о}^{ср.г}}{\pi M_{н.о} (t_о^{ср.г} - t_в^{ср.г})}; \qquad (28)$$

$$П_{т.и}^{надз} = \frac{Q_{н.п}^{ср.г} + Q_{н.о}^{ср.г}}{\pi(M_{н.п} + M_{н.о})\left(\frac{t_{п}^{ср.г} + t_{о}^{ср.г}}{2} - t_{в}^{ср.г}\right)}, \quad (29)$$

где $M_{п}$, $M_{н.п}$ и $M_{н.о}$ – материальная характеристика по участкам тепловой сети соответственно для подземной прокладки суммарно по подающим и обратным трубопроводам и раздельно для надземной прокладки, м^2.

Материальная характеристика по участкам всей тепловой сети $M_{п}$, $M_{н.п}$, $M_{н.о}$ (м^2) определяется по формуле

$$M = \Sigma\,(d_{н}\,L), \quad (30)$$

где $d_{н}$ – наружный диаметр труб участков тепловой сети с данным видом прокладки, м^2;

L – длина трубопроводов на участке тепловой сети с диаметром $d_{н}$ по подающей и обратной линиям для подземной прокладки и по подающей или обратной линиям для надземной прокладки, м.

При различных диаметрах на отдельных участках подземной прокладки материальные характеристики вычисляются раздельно по подающему и обратному трубопроводам с последующим их суммированием.

3.3.2. Показатели $П_{т.и}^{подз}$ и $П_{т.и}^{надз}$ представляют собой усредненные условные коэффициенты теплопередачи участков всей сети по видам прокладки, которые характеризуют уровень тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции данной тепловой сети при принятых технических решениях и техническом состоянии, соотнесенные с геометрической (материальной) характеристикой сети и учитывающие температурные условия ее работы.

3.3.3. Для оценки уровня принятых для нормирования эксплуатационных тепловых потерь по сравнению с тепловыми потерями, определенными по нормам, указанным в приложениях 1 – 3, используются относительные показатели тепловых потерь по видам прокладки.

Относительный показатель тепловых потерь для подзем-

ной прокладки суммарно по подающим и обратным трубопроводам $\overline{\Pi}_{т.и}^{подз}$ определяется по формуле

$$\overline{\Pi}_{т.и}^{подз} = \frac{Q_{н}^{ср.г}}{Q_{норм}^{ср.г}}. \quad (31)$$

Относительный показатель тепловых потерь для надземной прокладки суммарно по подающим $\overline{\Pi}_{т.и.п}^{надз}$ и суммарно по обратным $\overline{\Pi}_{т.и.о}^{надз}$ трубопроводам или суммарно по двум (подающему и обратному) трубопроводам $\overline{\Pi}_{т.и}^{надз}$ определяется по формулам:

$$\overline{\Pi}_{т.и.п}^{надз} = \frac{Q_{н.п}^{ср.г}}{Q_{норм.п}^{ср.г}}; \quad (32)$$

$$\overline{\Pi}_{т.и.о}^{надз} = \frac{Q_{н.о}^{ср.г}}{Q_{норм.о}^{ср.г}}; \quad (33)$$

$$\overline{\Pi}_{т.и}^{надз} = \frac{Q_{н.п}^{ср.г} + Q_{н.о}^{ср.г}}{Q_{норм.п}^{ср.г} + Q_{норм.о}^{ср.г}}. \quad (34)$$

3.3.4. Отсутствие нормативных значений показателей тепловых потерь, регламентируемых действующими нормативными документами, не позволяет непосредственно использовать эти показатели для нормирования тепловых потерь. Однако они могут применяться для укрупненной оценки уровня тепловых потерь по видам прокладки, а также приближенного пересчета тепловых потерь при изменении температурного режима работы тепловых сетей или материальной характеристики. Накопление статического материала позволяет по изменению значений показателей оценивать динамику изменения технического состояния теплоизоляционных конструкций по видам прокладки и в целом по тепловой сети.

3.4. Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды

3.4.1. В настоящем разделе приводится укрупненное определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды, которые могут использоваться, когда энергетическая характеристика по показателю "тепловые потери" разрабатывается до энергетической характеристики по показателю "потери сетевой воды". Учитываемые при этом потери сетевой воды составляют более 90% всех эксплуатационных потерь.

3.4.2. Нормируемые эксплуатационные годовые тепловые потери с потерями сетевой воды $Q^{г}_{псв}$, ГДж (Гкал), определяются по формуле

$$Q^{г}_{псв} = Q^{г}_{ут} + Q^{г}_{зап}, \qquad (35)$$

где $Q^{г}_{ут}$ — годовые тепловые потери с нормируемой утечкой сетевой воды из тепловых сетей на балансе энергопредприятия, ГДж (Гкал);

$Q^{г}_{зап}$ — годовые тепловые потери с регламентируемыми затратами на пусковое заполнение тепловых сетей, ГДж (Гкал).

3.4.3. Нормируемые эксплуатационные годовые тепловые потери с нормируемой утечкой $Q^{г}_{ут}$, ГДж (Гкал), определяются по формуле

$$Q^{г}_{ут} = \alpha V^{ср.г} c \rho^{ср.г} \left(\frac{t^{ср.г}_{п} + t^{ср.г}_{о}}{2} - t^{ср.г}_{х} \right) \cdot n_{год} \cdot 10^{-6}, \qquad (36)$$

где α — нормируемая среднегодовая утечка сетевой воды, $м^3/(ч \cdot м^3)$; устанавливается ПТЭ не более 0,25% в час от среднегодового объема сетевой воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах теплопотребления ($0{,}0025\ м^3/(ч \cdot м^3)$; для конкретной тепловой сети этот процент устанавливается в размере, не превышающем значения, указанного эк-

сплуатирующей организацией на основании анализа статистики фактических потерь сетевой воды;

$V^{ср.г}$ — среднегодовой объем сетевой воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах теплопотребления, м^3;

c — удельная теплоемкость сетевой воды, принимается равной 4,1868 кДж/(кг · °С) или 1 ккал/(кг · °С);

$\rho^{ср.г}$ — среднегодовая плотность воды, кг/м^3; определяется при среднем значении среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах;

$t_п^{ср.г}$ и $t_о^{ср.г}$ — среднегодовая температура сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С; принимается в соответствии с п. 3.1.10 настоящих Методических указаний;

$t_х^{ср.г}$ — среднегодовая температура холодной воды, поступающей на источник тепловой энергии для подготовки и использования в качестве подпитки тепловой сети, °С;

$n_{год}$ — календарная продолжительность работы тепловой сети в течение года, ч.

Среднегодовой объем сетевой воды в трубопроводах тепловой сети и в системах теплопотребления $V^{ср.г}$ (м^3) определяется по формуле

$$V^{ср.г} = \frac{V_{от} n_{от} + V_л n_л}{n_{год}}, \qquad (37)$$

где $V_{от}$ и $V_л$ — объем воды в тепловой сети и системах теплопотребления соответственно в отопительном и летнем сезонах работы тепловой сети, м^3.

Среднегодовая температура воды, поступающей на источник тепловой энергии для последующей обработки с целью подпитки тепловой сети $t_х^{ср.г}$ (°С) определяется по формуле

$$t_{\text{х}}^{\text{ср.г}} = \frac{t_{\text{х}}^{\text{от}} n_{\text{от}} + t_{\text{х}}^{\text{л}} n_{\text{л}}}{n_{\text{год}}}; \qquad (38)$$

где $t_{\text{х}}^{\text{от}}$ и $t_{\text{х}}^{\text{л}}$ — значения температуры воды, поступающей на источник тепловой энергии, соответственно в отопительном и летнем сезонах работы тепловой сети (°С), определяются как средние значения из соответствующих среднемесячных значений температуры холодной воды; при отсутствии статистических эксплуатационных данных принимается

$$t_{\text{х}}^{\text{от}} = 5°\text{С}, \quad t_{\text{х}}^{\text{л}} = 15°\text{С}.$$

3.4.4. Нормируемые годовые эксплуатационные тепловые потери с затратами сетевой воды на заполнение тепловых сетей после проведения плановых ремонтов и ввод в эксплуатацию новых сетей $Q_{\text{зап}}^{\text{г}}$, ГДж (Гкал), определяется по формуле

$$Q_{\text{зап}}^{\text{г}} = 1{,}5 V_{\text{тс}} c \rho_{\text{зап}} (t_{\text{зап}} - t_{\text{х}}) \cdot 10^{-6}, \qquad (39)$$

где 1,5 — коэффициент регламентируемых затрат сетевой воды на пусковое заполнение в соответствии с действующей Типовой инструкцией по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей);

$V_{\text{тс}}$ — внутренний объем всех тепловых сетей, находящихся на балансе энергоснабжающей организации, м^3;

$t_{\text{зап}}$ — температура сетевой воды, используемой на заполнение, определяется эксплуатационными условиями работы сети и источником заполнения; согласно действующей Типовой инструкции по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей) не может превышать 70°С;

$t_х$ — температура холодной воды, поступающей на источник подготовки подпиточной воды на период заполнения, °С, принимается согласно п. 3.4.3 настоящих Методических указаний.

3.4.5. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери с утечкой сетевой воды по сезонам работы тепловой сети — отопительному $Q_{ут}^{от}$ и летнему $Q_{ут}^{л}$, ГДж (Гкал), определяются по формулам:

$$Q_{ут}^{от} = Q_{ут}^{г} \cdot \frac{V_{от} n_{от}}{V^{ср.г} n_{год}}; \qquad (40)$$

$$Q_{ут}^{л} = Q_{ут}^{г} \cdot \frac{V_{л} n_{л}}{V^{ср.г} n_{год}}. \qquad (41)$$

3.4.6. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери с утечкой сетевой воды по месяцам в отопительном $Q_{ут}^{м.от}$ и летнем $Q_{ут}^{м.л}$ сезонах, ГДж (Гкал), определяются по формулам:

$$Q_{ут}^{м.от} = Q_{ут}^{от} \cdot \frac{\left(t_{п}^{ср.м} + t_{о}^{ср.м} - 2t_{х}^{ср.м}\right) \cdot n_{м}}{\left(t_{п}^{от} + t_{о}^{от} - 2t_{х}^{от}\right) \cdot n_{от}}; \qquad (42)$$

$$Q_{ут}^{м.л} = Q_{ут}^{л} \cdot \frac{n_{м}}{n_{л}}, \qquad (43)$$

где $t_{п}^{ср.м}$ и $t_{о}^{ср.м}$ — среднемесячные значения температуры сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах, °С; определяются согласно п. 3.1.10 настоящих Методических указаний;

$t_{п}^{от}$ и $t_{о}^{от}$ — средние значения температуры сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах за отопительный сезон; °С, опреде-

ляются как средние значения из среднемесячных значений температуры за соответствующий период;

$t_х^{ср.м}$ — среднемесячное значение температуры холодной воды, °С; при отсутствии данных принимается равным $t_х^{от}$ или $t_х^{л}$ [см. обозначения к формуле (38) настоящих Методических указаний].

Для месяцев, в которых осуществляется переход тепловой сети из одного режима (сезона) работы в другой тепловые потери по месяцам определяются по формулам (42) и (43) с подстановкой соответствующего числа часов работы сети (включая нахождение сети в заполненном состоянии) в данном месяце в отопительном или летнем сезоне.

3.4.7. Тепловые потери с затратами сетевой воды на пусковое заполнение, относятся к тем месяцам (в основном летнего периода), когда осуществляются операции по пуску сетей после ремонта или ввод новых сетей. На планируемый период эти потери могут быть равномерно распределены по месяцам летнего сезона и периода пуска сетей в эксплуатацию.

3.4.8. Наряду с тепловыми потерями с нормированной утечкой сетевой воды и на заполнение могут также нормироваться тепловые потери с другими потерями сетевой воды — необходимыми или неизбежными при обеспечении нормальных режимов работы системы теплоснабжения или выполнении работ по поддержанию технически исправного состояния элементов системы теплоснабжения (сливы из средств авторегулирования, проведение промывки, испытаний и т.п.).

Основой для такого нормирования являются эксплуатационные нормы потерь сетевой воды, разработанные организацией, эксплуатирующей тепловые сети, и утвержденные в установленном порядке.

При определении составляющих потерь сетевой воды и их значений следует руководствоваться действующими Методическими указаниями по составлению энергетической

характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "потери сетевой воды".

Определение тепловых потерь с технологическими потерями сетевой воды осуществляется также по соответствующим периодам работы системы теплоснабжения, по которым распределены количественные значения вышеприведенных потерь (в целом за год, по сезонам или месяцам). Значения температуры сетевой и холодной воды принимаются согласно указаниям п. 3.4.1 настоящих Методических указаний.

4. ПОСТРОЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ "ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ"

4.1. Построение энергетической характеристики по тепловым потерям через теплоизоляционные конструкции

4.1.1. Энергетическая характеристика по тепловым потерям через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей строится как зависимость значений тепловых потерь от среднемесячных значений разности температур сетевой воды и окружающей среды, определяемых по формулам (22) – (25).

Для построения энергетической характеристики необходимы следующие данные:

– эксплуатационный температурный график регулирования отпуска тепла (рис. 1);

– число часов работы тепловой сети в течение года, а также в отопительном и летнем сезонах;

– метеорологические данные по среднемесячным и среднегодовым значениям температуры наружного воздуха за 5 лет (табл. П6.2 приложения 6);

– метеорологические данные по среднемесячным и среднегодовым значениям температуры грунта на глубине заложения трубопроводов за 5 лет (см. табл. П6.3 приложения 6);

– значения нормируемых эксплуатационных часовых тепловых потерь для среднегодовых условий работы тепловых сетей по видам прокладки, определенные по формулам (16) – (18).

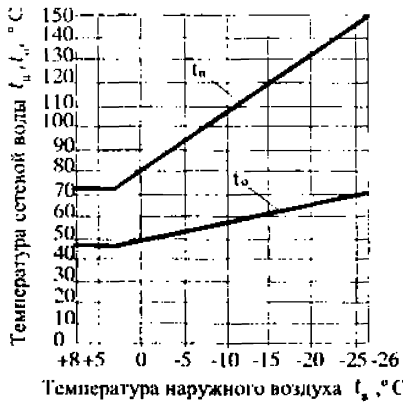

Рис. 1. Эксплуатационный температурный график регулирования отпуска тепла в тепловой сети:

$t_п$ – температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;

$t_о$ – температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С

По температурному графику и значениям ожидаемых среднемесячных значений температуры наружного воздуха определяются среднемесячные значения температуры сетевой воды в подающем $t_п^{ср.м}$ и обратном $t_о^{ср.м}$ трубопроводах тепловой сети, а также среднегодовые значения этих температур $t_п^{ср.г}$ и $t_о^{ср.г}$ как среднеарифметические из среднемесячных значений температуры сетевой воды или, более точно, по числу часов работы сети в каждом месяце; определяются часовые среднемесячные и месячные значения тепловых потерь раздельно по подземной и надземной прокладкам.

4.1.2. Суммарная энергетическая характеристика строится по месяцам работы тепловой сети путем суммирования отдельных составляющих месячных эксплуатационных тепловых потерь по видам прокладок (подземной и надземной). Годовые эксплуатационные тепловые потери определяются путем суммирования месячных тепловых потерь. Графики приведены на рис. 2.

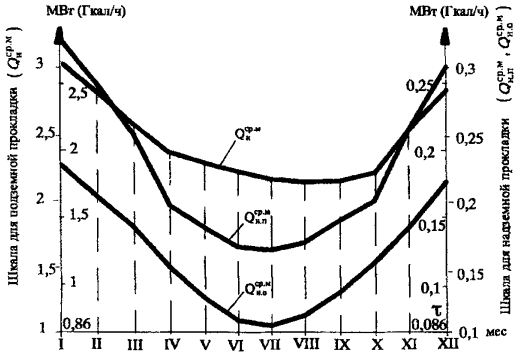

Рис. 2. Нормируемые часовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции при среднемесячных условиях:

$Q_н^{ср.м}$ – нормируемые часовые тепловые потери для подземной прокладки, МВт (Гкал/ч); $Q_{н.п}^{ср.м}$ – нормируемые часовые тепловые потери для подающего трубопровода надземной прокладки, МВт (Гкал/ч); $Q_{н.о}^{ср.м}$ – нормируемые часовые тепловые потери для обратного трубопровода надземной прокладки, МВт (Гкал/ч)

4.2. Построение энергетической характеристики по тепловым потерям с потерями сетевой воды

4.2.1. Построение энергетической характеристики по тепловым потерям с нормативными потерями сетевой воды (с нормативной утечкой и на заполнение) осуществляется по аналогии с тепловыми потерями через теплоизоляционные конструкции как зависимости значений месячных эксплуатационных тепловых потерь с утечкой, определяемых по формулам (42) и (43), от среднемесячных значений разности температур сетевой воды и температуры воды, поступающей на источник тепловой энергии $t_х$.

4.2.2. Для построения энергетической характеристики необходимы данные по ожидаемым среднемесячным значениям температуры сетевой воды и холодной воды, поступающей на источник тепловой энергии для последующей подпитки тепло-

вых сетей. При отсутствии статистических данных по температуре холодной воды значения этой температуры принимаются по указаниям п. 3.4.1 настоящих Методических указаний.

4.2.3. Энергетическая характеристика по тепловым потерям с потерями сетевой воды приведена на рис. 3. На данном графике затраты и соответственно тепловые потери на заполнение условно распределены равномерно по месяцам летнего периода.

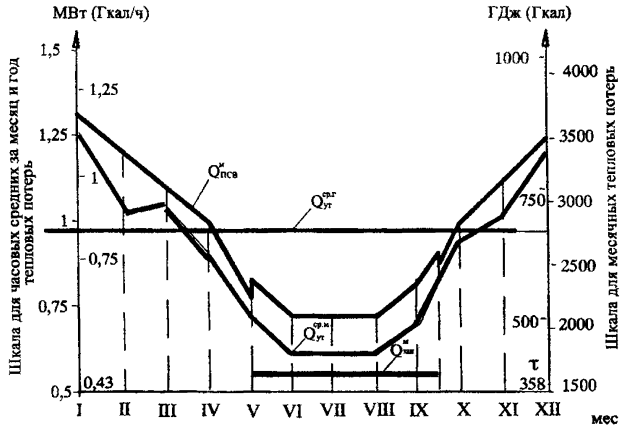

Рис. 3. Нормируемые тепловые потери с потерями сетевой воды (утечкой и на заполнение):

$Q_{ут}^{ср.м}$ – часовые среднемесячные тепловые потери с утечкой сетевой воды, МВт (Гкал/ч); $Q_{ут}^{м}$ и $Q_{зап}^{м}$ – месячные тепловые потери с утечкой и на заполнение ГДж (Гкал); $Q_{псв}^{м}$ – суммарные месячные тепловые потери с потерями сетевой воды, МВт (Гкал/ч)

4.2.4. Годовое значение эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды определяется по формулам (36) и (39) или путем суммирования месячных тепловых потерь.

4.2.5. Тепловые потери с другими технологическими потерями сетевой воды определяются помесячно; годовые теп-

ловые потери или потери по сезонам работы тепловой сети определяются путем суммирования месячных тепловых потерь за соответствующие месяцы.

4.3. Построение энергетической характеристики суммарных эксплуатационных тепловых потерь

4.3.1. Суммарная энергетическая характеристика по показателю "тепловые потери" строится для нормируемых эксплуатационных месячных тепловых потерь путем суммирования соответствующих значений тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции и тепловых потерь с потерями сетевой воды (рис. 4).

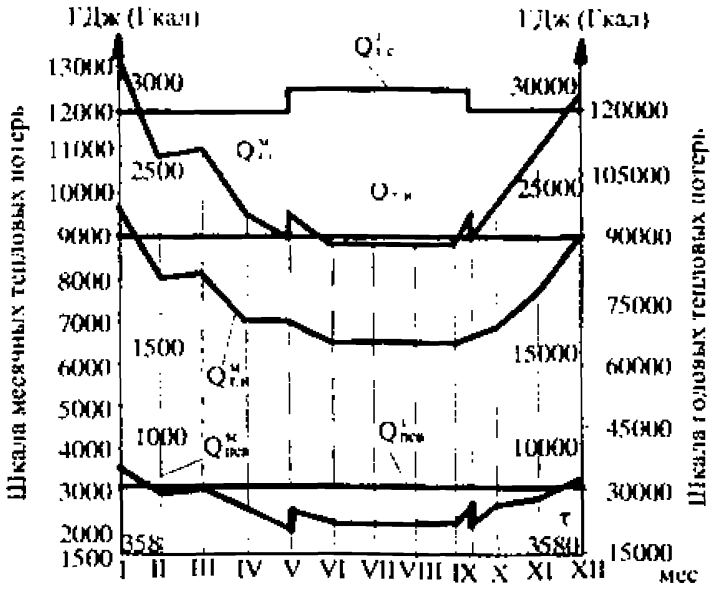

Рис. 4. Нормируемые месячные и годовые тепловые потери через тепловую изоляцию и с потерями сетевой воды:

$Q^{м}_{т.и}$ и $Q^{г}_{т.и}$ – месячные и годовые тепловые потери через тепловую изоляцию, ГДж (Гкал); $Q^{м}_{псв}$ и $Q^{г}_{псв}$ – месячные и годовые тепловые потери с потерями сетевой воды, ГДж (Гкал); $Q^{м}_{т.с}$ и $Q^{г}_{т.с}$ – суммарные месячные и годовые тепловые потери, ГДж (Гкал)

4.3.2. Годовые нормируемые эксплуатационные тепловые потери определяются путем суммирования годовых потерь тепла через теплоизоляционные конструкции и с потерями сетевой воды (см. рис. 4).

4.3.3. Энергетическая характеристика по суммарным нормируемым эксплуатационным тепловым потерям водяной тепловой сетью может быть также представлена в виде доли или процентного отношения к планируемому отпуску тепловой энергии от источника(источников) тепловой энергии в тепловую сеть.

В зависимости от планируемых периодов (месяца, сезона, года) представляются и соответствующие соотношения нормируемых эксплуатационных тепловых потерь и отпуска тепловой энергии (рис. 5).

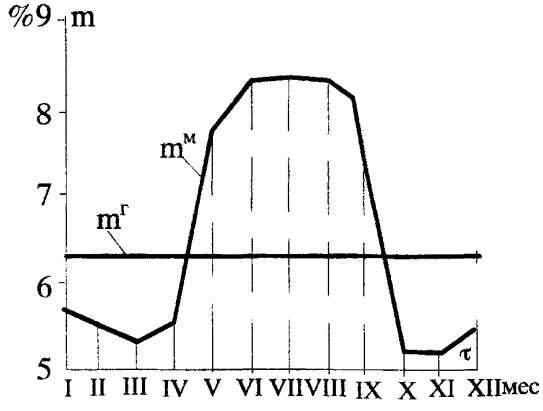

Рис. 5. Отношение нормируемых тепловых потерь к отпуску тепла:

$m^м$ — отношение месячных тепловых потерь к месячному отпуску тепла, %; $m^г$ — отношение годовых тепловых потерь к годовому отпуску тепла, %

4.4. Корректировка и пересмотр энергетических характеристик

4.4.1. Корректировка энергетических характеристик по показателю "тепловые потери" производится ежегодно. При этом уточняется значение материальной характеристики находящихся в работе тепловых сетей, а также изменение значения тепловых потерь в результате проведения ремонта тепловой изоляции или устранения причин повышенных тепловых потерь (например, периодического увлажнения) на отдельных участках тепловых сетей.

4.4.2. Пересмотр энергетических характеристик производится не реже чем один раз в пять лет, после проведения очередных испытаний по определению тепловых потерь, а также при:

– вводе в эксплуатацию значительного количества вновь построенных тепловых сетей, проведении реконструкции или капитального ремонта протяженных участков существующих сетей с полной заменой тепловой изоляции или изменением типа прокладки;

– значительном изменении материальной характеристики (более 10%) тепловой сети, связанном с передачей или приемкой на баланс тепловых сетей других предприятий и организаций;

– пересмотре в установленном порядке температурного графика отпуска тепла, в результате чего изменяются среднегодовые и среднемесячные значения температуры сетевой воды.

4.4.3. Корректировка и пересмотр значений нормируемых эксплуатационных тепловых потерь производятся в соответствии с методикой определения тепловых потерь по разд. 3.1 настоящих Методических указаний.

Проведение корректировок и пересмотра значений нормируемых эксплуатационных тепловых потерь не исключает введения поправок по разд. 3.2 настоящих Методических указаний.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

5.1. Определение фактических тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции

5.1.1. Тепловые потери за прошедший отрезок времени (месяц, сезон, год) через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей по их балансовой принадлежности определяются при фактических температурных режимах работы тепловой сети (средних за соответствующие периоды значения температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, наружного воздуха и грунта) и ее теплотехнических характеристиках, принятых для определения нормируемых эксплуатационных тепловых потерь.

5.1.2. Тепловые потери за прошедший месяц работы тепловой сети определяются по формулам (22) – (25) с подстановкой в них вместо ожидаемых среднемесячных значений температур сетевой воды, наружного воздуха и грунта их фактических среднемесячных значений по результатам эксплуатационных измерений и метеорологическим данным.

5.1.3. Определение эксплуатационных тепловых потерь за прошедший период работы тепловых сетей осуществляется в сопоставимых условиях по значению материальной характеристики сети в целом или по отдельным видам прокладки.

При изменениях за прошедший период значения материальной характеристики (например, при вводе в эксплуатацию новых участков, изменении балансовой принадлежности сетей), не учтенных при нормировании эксплуатационных тепловых потерь на этот период, вносятся коррективы в исходные данные для расчета величин, входящих в формулы (22) – (25).

5.1.4. Тепловые потери за прошедший сезон или год работы тепловой сети определяются как сумма месячных тепловых потерь.

5.2. Определение тепловых потерь с потерями сетевой воды

5.2.1. Тепловые потери с утечкой сетевой воды в тепловой сети и (или) системах теплопотребления за прошедший период (месяц, сезон, год) определяются исходя из количества сетевой воды, отнесенного согласно действующим правилам учета тепловой энергии и теплоносителя к утечке, и фактических средних значений температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и холодной воды на источнике тепловой энергии (источнике подпитки).

5.2.2. Тепловые потери с нормативной утечкой сетевой воды для открытой системы теплоснабжения за прошедший период работы тепловой сети (месяц, сезон, год) определяются по соответствующим формулам разд. 3.4 настоящих Методических указаний с подстановкой уточненного значения внутреннего объема трубопроводов тепловой сети и систем теплопотребления в рассматриваемом периоде и фактических значений температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и холодной воды.

5.2.3. Тепловые потери за прошедший период (месяц, сезон, год) с потерями сетевой воды для закрытых систем теплоснабжения определяются по фактическим значениям расхода подпиточной воды, отнесенным на потери сетевой воды с утечкой, температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и воды, поступающей на источник тепловой энергии для подпитки за соответствующий период.

Тепловые потери за прошедший месяц работы тепловой сети с потерями сетевой воды для закрытых систем $Q^{м}$, ГДж (Гкал), определяются по формуле

$$Q^{м} = cG_{псв}^{ср.м.ф} \cdot \left(\frac{t_{п}^{ср.м.ф} + t_{о}^{ср.м.ф}}{2} - t_{х}^{ср.м.ф} \right) n_{м} \cdot 10^{-3} \qquad (44)$$

где $G_{псв}^{ср.м.ф}$ — фактическое значение потерь сетевой воды за прошедший месяц, т/ч;

$t_{п}^{ср.м.ф}$ и $t_{о}^{ср.м.ф}$ — фактические среднемесячные значения температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, °С;

$t_{х}^{ср.м.ф}$ — фактическое среднемесячное значение температуры воды, поступающей на источник тепла для целей подпитки, °С;

$n_{м}$ — фактическое число часов работы тепловой сети в рассматриваемом месяце, ч.

При определении значения $G_{псв}^{ср.м.ф}$ учитываются потери сетевой воды, измеренные по приборам учета количества сетевой воды у потребителей (или на границах балансовой принадлежности), установленные по актам при повреждениях, с несанкционированным водоразбором, а также с фактическими технологическими затратами сетевой воды на проведение плановых работ (ремонта, промывок, испытаний и т.п.). Определение значения утечки производится в соответствии с действующими Методическими указаниями по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "потери сетевой воды".

5.2.4. Тепловые потери с потерями сетевой воды за прошедший период работы тепловой сети (год, сезон) определяются как сумма месячных тепловых потерь за соответствующий период или по формулам (36), (40) и (41).

5.2.5. Сравнение фактических значений тепловых потерь с потерями сетевой воды с их нормируемыми значениями производится по отдельным составляющим потерь сетевой воды (утечке, технологическим потерям и др.) в сопоставимых условиях по внутреннему объему тепловых сетей и систем теплопотребления, а также по температурам сетевой и холодной воды.

При этом необходимо учитывать, что значения потерь сетевой воды по отдельным составляющим, в том числе по значению утечки, в значительной степени определяются принятым методом распределения по элементам системы теплоснабжения и балансовой принадлежности.

Приложение 1

НОРМЫ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ (ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА) ВОДЯНЫМИ ТЕПЛОПРОВОДАМИ, СПРОЕКТИРОВАННЫМИ В ПЕРИОД С 1959 г. ПО 1990 г.

Таблица П1.1

Нормы тепловых потерь изолированными водяными теплопроводами в непроходных каналах и при бесканальной прокладке с расчетной среднегодовой температурой грунта +5°С на глубине заложения теплопроводов

Наружный диаметр труб $d_н$, мм	Нормы тепловых потерь теплопроводами, Вт/м [ккал/(м · ч)]			
	обратным при средней температуре воды $t_o^{ср.г} = 50°С$	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 52,5°С ($t_п^{ср.г} = 65°С$)	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 65°С ($t_п^{ср.г} = 90°С$)	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 75°С ($t_п^{ср.г} = 110°С$)
32	23 (20)	52 (45)	60 (52)	67 (58)
57	29 (25)	65 (56)	75 (65)	84 (72)
76	34 (29)	75 (64)	86 (74)	95 (82)
89	36 (31)	80 (69)	93 (80)	102 (88)
108	40 (34)	88 (76)	102 (88)	111 (96)
159	49 (42)	109 (94)	124 (107)	136 (117)
219	59 (51)	131 (113)	151 (130)	165 (142)
273	70 (60)	154 (132)	174 (150)	190 (163)
325	79 (68)	173 (149)	195 (168)	212 (183)
377	88 (76)	191 (164)*	212 (183)	234 (202)
426	95 (82)	209 (180)*	235 (203)	254 (219)
478	106 (91)	230 (198)*	259 (223)	280 (241)
529	117 (101)	251 (216)*	282 (243)	303 (261)
630	133 (114)	286 (246)*	321 (277)	345 (298)
720	145 (125)	316 (272)*	355 (306)	379 (327)
820	164 (141)	354 (304)*	396 (341)	423 (364)
920	180 (155)	387 (333)*	433 (373)	463 (399)

Окончание таблицы П1.1

Наружный диаметр труб $d_н$, мм	Нормы тепловых потерь теплопроводами, Вт/м [ккал/(м · ч)]			
	обратным при средней температуре воды $(t_ж^{ср} = 50°C)$	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 52,5°С $(t_ж^{ср} = 65°C)$	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 65°С $(t_ж^{ср} = 90°C)$	двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 75°С $(t_ж^{ср} = 110°C)$
1020	198 (170)	426 (366)*	475 (410)	506 (436)
1220	233 (200)	499 (429)*	561 (482)	591 (508)
1420	265 (228)	568 (488)	644 (554)	675 (580)

Примечания:

1. Отмеченные знаком * значения удельных часовых тепловых потерь приведены как оценочные ввиду отсутствия в нормативных документах (НД) соответствующих значений удельных тепловых потерь для подающего трубопровода.

2. Значения удельных часовых тепловых потерь для диаметров 1220 и 1420 мм ввиду их отсутствия в соответствующих НД определены методом экстраполяции и приведены как рекомендуемые.

Таблица П1.2

Нормы тепловых потерь одним изолированным водяным теплопроводом при надземной прокладке с расчетной среднегодовой температурой наружного воздуха +5°С

Наружный диаметр труб $d_н$, мм	Нормы тепловых потерь, Вт/м [ккал/(м · ч)]			
	Разность среднегодовой температуры сетевой воды в подающем или обратном трубопроводах и наружного воздуха, °С			
	45	70	95	120
32	17(15)	27(23)	36(31)	44(38)
49	21(18)	31(27)	42(36)	52(45)
57	24(21)	35(30)	46(40)	57(49)
76	29(25)	41(35)	52(45)	64(55)
82	32(28)	44(38)	58(50)	70(60)
108	36(31)	50(43)	64(55)	78(67)
133	41(35)	56(48)	70(60)	86(74)
159	44(38)	58(50)	75(65)	93(80)
194	49(42)	67(58)	85(73)	102(88)

Окончание таблицы П1.2

Наружный диаметр труб $d_н$, мм	Нормы тепловых потерь, Вт/м [ккал/(м · ч)]			
	Разность среднегодовой температуры сетевой воды в подающем или обратном трубопроводах и наружного воздуха, °С			
	45	70	95	120
219	53(46)	70(60)	90(78)	110(95)
273	61(53)	81(70)	101(87)	124(107)
325	70(60)	93(80)	116(100)	139(120)
377	82(71)	108(93)	132(114)	157(135)
426	95(82)	122(105)	148(128)	174(150)
478	103(89)	131(113)	158(136)	186(160)
529	110(95)	139(120)	168(145)	197(170)
630	121(104)	154(133)	186(160)	220(190)
720	133(115)	168(145)	204(176)	239(206)
820	157(135)	195(168)	232(200)	270(233)
920	180(155)	220(190)	261(225)	302(260)
1020	209(180)	255(220)	296(255)	339(292)
1420	267(230)	325(280)	377(325)	441(380)

Приложение 2

НОРМЫ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ (ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА) ВОДЯНЫМИ ТЕПЛОПРОВОДАМИ, СПРОЕКТИРОВАННЫМИ В ПЕРИОД С 1990 г. ПО 1998 г.

Таблица П2.1

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах, Вт/м [ккал/(м · ч)]

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее						При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод											
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С											
	65	50	90	50	110	50	65	50	90	50	110	50
25	18 (15)	12 (10)	26 (22)	11 (9)	31 (27)	10 (9)	16 (14)	11 (9)	23 (20)	10 (9)	28 (24)	9 (8)
30	19 (16)	13 (11)	27 (23)	12 (10)	33 (28)	11 (9)	17 (15)	12 (10)	24 (21)	11 (9)	30 (26)	10 (9)
40	21 (18)	14 (12)	29 (25)	13 (11)	36 (31)	12 (10)	18 (15)	13 (11)	26 (22)	12 (10)	32 (28)	11 (9)
50	22 (19)	15 (13)	33 (28)	14 (12)	40 (34)	13 (11)	20 (17)	14 (12)	28 (24)	13 (11)	35 (30)	12 (10)
65	27 (23)	19 (16)	38 (33)	16 (14)	47 (40)	14 (12)	23 (20)	16 (14)	34 (29)	15 (13)	40 (34)	13 (11)
80	29 (25)	20 (17)	41 (35)	17 (15)	51 (44)	15 (13)	25 (22)	17 (15)	36 (31)	16 (14)	44 (38)	14 (12)
100	33 (28)	22 (19)	46 (40)	19 (16)	57 (49)	17 (15)	28 (24)	19 (16)	41 (35)	17 (15)	48 (41)	15 (13)
125	34 (29)	23 (20)	49 (42)	20 (17)	61 (53)	18 (15)	31 (27)	21 (18)	42 (36)	18 (15)	50 (43)	16 (14)

Окончание таблицы П2.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее						При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод											
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С											
	65	50	90	50	110	50	65	50	90	50	110	50
150	38 (33)	26 (22)	54 (46)	22 (19)	65 (56)	19 (16)	32 (28)	22 (19)	44 (38)	19 (16)	55 (47)	17 (15)
200	48 (41)	31 (27)	66 (57)	26 (22)	83 (71)	23 (20)	39 (34)	27 (23)	54 (46)	22 (19)	68 (59)	21 (18)
250	54 (46)	35 (30)	76 (65)	29 (25)	93 (80)	25 (22)	45 (39)	30 (26)	64 (55)	25 (22)	77 (66)	23 (20)
300	62 (53)	40 (34)	87 (75)	32 (28)	103 (89)	28 (24)	50 (43)	33 (28)	70 (60)	28 (24)	84 (72)	25 (22)
350	68 (59)	44 (38)	93 (80)	34 (29)	117 (101)	29 (25)	55 (47)	37 (32)	75 (65)	30 (26)	94 (81)	26 (22)
400	76 (65)	47 (40)	109 (94)	37 (32)	123 (106)	30 (26)	58 (50)	38 (33)	82 (71)	33 (28)	101 (87)	28 (24)
450	77 (66)	49 (42)	112 (96)	39 (34)	135 (116)	32 (28)	67 (58)	43 (37)	93 (80)	36 (31)	107 (92)	29 (25)
500	88 (76)	54 (46)	126 (108)	43 (37)	167 (144)	33 (28)	68 (59)	44 (38)	98 (84)	38 (33)	117 (101)	32 (28)
600	98 (84)	58 (50)	140 (121)	45 (39)	171 (147)	35 (30)	79 (68)	50 (43)	109 (94)	41 (35)	132 (114)	34 (29)
700	107 (92)	63 (54)	163 (140)	47 (40)	185 (159)	38 (33)	89 (77)	55 (47)	126 (108)	43 (37)	151 (130)	37 (32)
800	130 (112)	72 (62)	181 (156)	48 (41)	213 (183)	42 (36)	100 (86)	60 (52)	140 (121)	45 (39)	163 (140)	40 (34)
900	138 (119)	75 (65)	190 (164)	57 (49)	234 (201)	44 (38)	106 (91)	66 (57)	151 (130)	54 (46)	186 (160)	43 (37)
1000	152 (131)	78 (67)	199 (171)	59 (51)	249 (214)	49 (42)	117 (101)	71 (61)	158 (136)	57 (49)	192 (165)	47 (40)
1200	185 (159)	86 (74)	257 (221)	66 (57)	300 (258)	54 (46)	144 (124)	79 (68)	185 (159)	64 (55)	229 (197)	52 (45)
1400	204 (176)	90 (77)	284 (245)	69 (59)	322 (277)	58 (50)	152 (131)	82 (71)	210 (181)	68 (59)	252 (217)	56 (48)

Таблица П2.2

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке водяных тепловых сетей, Вт/м [ккал/(м · ч)]

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее				При числе часов работы в год более 5000			
	Трубопровод							
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С							
	65	50	90	50	65	50	90	50
25	36 (31)	27 (23)	48 (41)	26 (22)	33 (28)	25 (22)	44 (38)	24 (21)
50	44 (38)	34 (29)	60 (52)	32 (28)	40 (34)	31 (27)	54 (46)	29 (25)
65	50 (43)	38 (33)	67 (58)	36 (31)	45 (39)	34 (29)	60 (52)	33 (28)
80	51 (44)	39 (34)	69 (59)	37 (32)	46 (40)	35 (30)	61 (53)	34 (29)
100	55 (47)	42 (36)	74 (64)	40 (34)	49 (42)	38 (33)	65 (56)	35 (30)
125	61 (53)	46 (40)	81 (70)	44 (38)	53 (46)	41 (35)	72 (62)	39 (34)
150	69 (59)	52 (45)	91 (78)	49 (42)	60 (52)	46 (40)	80 (69)	43 (37)
200	77 (66)	59 (51)	101 (87)	54 (46)	66 (57)	50 (43)	89 (77)	48 (41)
250	83 (71)	63 (54)	111 (96)	59 (51)	72 (62)	55 (47)	96 (83)	51 (44)
300	91 (78)	69 (59)	122 (105)	64 (55)	79 (68)	59 (51)	105 (90)	56 (48)
350	101 (87)	75 (65)	133 (115)	69 (59)	86 (74)	65 (56)	113 (97)	60 (52)
400	108 (93)	80 (69)	140 (121)	73 (63)	91 (78)	68 (59)	121 (104)	63 (54)
450	116 (100)	86 (74)	151 (130)	78 (67)	97 (84)	72 (62)	129 (111)	67 (58)
500	123 (106)	91 (78)	163 (140)	83 (71)	105 (90)	78 (67)	138 (119)	72 (62)
600	140 (121)	103 (89)	188 (160)	94 (81)	117 (101)	87 (75)	156 (134)	80 (69)
700	156 (134)	112 (96)	203 (175)	100 (86)	126 (108)	93 (80)	170 (146)	86 (74)
800	169 (146)	122 (105)	226 (195)	109 (94)	140 (121)	102 (88)	186 (160)	93 (80)

Таблица П2.3

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при расположении на открытом воздухе, Вт/м [ккал/(м · ч)]

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год более 5000			При числе часов работы в год 5000 и менее		
	Средняя температура теплоносителя, °С					
	50	100	150	50	100	150
	Нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м [ккал/(м · ч)]					
15	10 (9)	20 (17)	30 (26)	11 (10)	22 (19)	34 (29)
20	11 (10)	22 (19)	34 (29)	13 (11)	25 (22)	38 (33)
25	13 (11)	25 (22)	37 (32)	15 (13)	28 (24)	42 (36)
40	15 (13)	29 (25)	44 (38)	18 (15)	33 (28)	49 (42)
50	17 (15)	31 (27)	47 (40)	19 (16)	36 (31)	53 (46)
65	19 (16)	36 (31)	54 (46)	23 (20)	41 (35)	61 (53)
80	21 (18)	39 (34)	58 (50)	25 (22)	45 (39)	66 (57)
100	24 (21)	43 (37)	64 (55)	28 (24)	50 (43)	73 (63)
125	27 (23)	49 (42)	70 (60)	32 (28)	56 (48)	81 (70)
150	30 (26)	54 (46)	77 (66)	35 (30)	63 (54)	89 (77)
200	37 (32)	65 (56)	93 (80)	44 (38)	77 (66)	109 (94)
250	43 (37)	75 (65)	106 (91)	51 (44)	88 (76)	125 (108)
300	49 (42)	84 (72)	118 (102)	59 (51)	101 (87)	140 (121)
350	55 (47)	93 (80)	131 (113)	66 (57)	112 (96)	155 (133)
400	61 (53)	102 (88)	142 (122)	73 (63)	122 (105)	170 (146)
450	65 (56)	109 (94)	152 (131)	80 (69)	132 (114)	182 (157)
500	71 (61)	119 (102)	166 (143)	88 (76)	143 (123)	197 (170)
600	82 (71)	136 (117)	188 (162)	100 (86)	165 (142)	225 (194)
700	92 (79)	151 (130)	209 (180)	114 (98)	184 (158)	250 (215)
800	103 (89)	167 (144)	213 (183)	128 (110)	205 (177)	278 (239)
900	113 (97)	184 (158)	253 (218)	141 (121)	226 (195)	306 (263)
1000	124 (107)	201 (173)	275 (237)	155 (133)	247 (213)	333 (287)
Криволинейные поверхности диаметром более 1020 мм и плоские	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ^{2} [ккал/(м^2 · ч)]					
	35 (30)	54 (46)	70 (60)	44 (38)	71 (61)	88 (76)

Приложение 3

НОРМЫ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ (ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА) ВОДЯНЫМИ ТЕПЛОПРОВОДАМИ, СПРОЕКТИРОВАННЫМИ С 1998 г.

Таблица П3.1

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах и подземной бесканальной прокладке, Вт/м [ккал/(м · ч)]

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее						При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод											
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С											
	65	50	90	50	110	50	65	50	90	50	110	50
25	15(13)	10(9)	22(19)	10(9)	26(22)	9(8)	14(12)	9(8)	20(17)	9(8)	24(21)	8(7)
30	16(14)	11(9)	23(20)	11(9)	28(24)	10(9)	15(13)	10(9)	20(17)	10(9)	26(22)	9(8)
40	18(16)	12(10)	25(22)	12(10)	31(27)	11(9)	16(14)	11(9)	22(19)	11(9)	27(23)	10(9)
50	19(16)	13(11)	28(24)	13(11)	34(29)	12(10)	17(15)	12(10)	24(21)	12(10)	30(26)	11(9)
65	23(20)	16(14)	32(28)	14(12)	40(34)	13(11)	20(17)	13(11)	29(25)	13(11)	34(29)	12(10)
80	25(22)	17(15)	35(30)	15(13)	43(37)	14(12)	21(18)	14(12)	31(27)	14(12)	37(32)	13(11)
100	28(24)	19(16)	39(34)	16(14)	48(41)	16(14)	24(21)	16(14)	35(30)	15(13)	41(35)	14(12)

Окончание таблицы П3.1

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее						При числе часов работы в год более 5000					
	Трубопровод											
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С											
	65	50	90	50	110	50	65	50	90	50	110	50
125	29(25)	20(17)	42(36)	17(15)	52(45)	17(15)	26(22)	18(16)	38(33)	16(14)	43(37)	15(13)
150	32(28)	22(19)	46(40)	19(16)	55(47)	18(16)	27(23)	19(16)	42(36)	17(15)	47(41)	16(14)
200	41(35)	26(22)	55(47)	22(19)	71(61)	20(17)	33(28)	23(20)	49(42)	19(16)	58(50)	18(16)
250	46(40)	30(26)	65(56)	25(22)	79(68)	21(18)	38(33)	26(22)	54(47)	21(18)	66(57)	20(17)
300	53(46)	34(29)	74(64)	27(23)	88(76)	24(21)	43(37)	28(24)	60(52)	24(21)	71(61)	21(18)
350	58(50)	37(32)	79(68)	29(25)	98(84)	25(22)	46(40)	31(27)	64(55)	26(22)	80(69)	22(19)
400	65(56)	40(34)	87(75)	32(28)	105(91)	26(22)	50(43)	33(28)	70(60)	28(24)	86(74)	24(21)
450	70(60)	42(36)	95(82)	33(28)	115(99)	27(23)	54(47)	36(31)	79(68)	31(27)	91(78)	25(22)
500	75(65)	46(40)	107(92)	36(31)	130(112)	28(24)	58(50)	37(32)	84(72)	32(28)	100(86)	27(23)
600	83(72)	49(42)	119(103)	38(33)	145(125)	30(26)	67(58)	42(36)	93(80)	35(30)	112(97)	31(27)
700	91(78)	54(47)	139(120)	41(35)	157(135)	33(28)	76(66)	47(41)	107(92)	37(32)	128(110)	31(27)
800	106(91)	61(53)	150(129)	45(39)	181(156)	36(31)	85(73)	51(44)	119(103)	38(33)	139(120)	34(29)
900	117(101)	64(55)	162(140)	48(41)	199(172)	37(32)	90(78)	56(48)	128(110)	43(37)	150(129)	37(32)
1000	129(111)	66(57)	169(146)	51(44)	212(183)	42(36)	100(86)	60(52)	140(121)	46(40)	163(141)	40(34)
1200	157(135)	73(63)	218(188)	55(47)	255(220)	46(40)	114(98)	67(58)	158(136)	53(46)	190(164)	44(38)
1400	173(149)	77(66)	241(208)	59(51)	274(236)	49(42)	130(112)	70(60)	179(154)	58(50)	224(193)	48(41)

Таблица П3.2

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов на открытом воздухе, Вт/м [ккал/(м · ч)]

Условный проход трубопровода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее				При числе часов работы в год более 5000	
	Трубопровод					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	50	100	150	50	100	150
15	9(8)	18(16)	28(24)	8(7)	16(14)	24(21)
20	11(9)	21(18)	31(27)	9(8)	18(16)	28(24)
25	12(10)	23(20)	34(29)	11(9)	20(17)	30(26)
40	15(13)	27(23)	40(34)	12(10)	24(21)	36(31)
50	16(14)	30(26)	44(38)	14(12)	25(22)	38(33)
65	19(16)	34(29)	50(43)	15(13)	29(25)	44(38)
80	21(18)	37(32)	54(47)	17(15)	32(28)	47(41)
100	23(20)	41(35)	60(52)	19(16)	35(30)	52(45)
125	26(22)	46(40)	66(57)	22(19)	40(34)	57(49)
150	29(25)	52(45)	73(63)	24(21)	44(38)	62(53)
200	36(31)	63(54)	89(77)	30(26)	53(46)	75(65)
250	42(36)	72(62)	103(89)	35(30)	61(53)	86(74)
300	48(41)	83(72)	115(99)	40(34)	68(59)	96(83)
350	54(47)	92(79)	127(109)	45(39)	75(65)	106(91)
400	60(52)	100(86)	139(120)	49(42)	83(72)	115(99)
450	66(57)	108(93)	149(128)	53(46)	88(76)	123(106)
500	72(62)	117(101)	162(140)	58(50)	96(83)	135(116)
600	82(71)	135(116)	185(159)	66(57)	110(95)	152(131)
700	94(81)	151(130)	205(177)	75(65)	122(105)	169(146)
800	105(91)	168(145)	228(197)	83(72)	135(116)	172(148)
900	116(100)	185(159)	251(216)	92(79)	149(128)	205(177)
1000	127(109)	203(175)	273(235)	101(87)	163(141)	223(192)

Приложение 4

ПОПРАВКИ К НОРМИРУЕМЫМ ТЕПЛОВЫМ ПОТЕРЯМ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ЧЕРЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Тип прокладки	Соотношение подземной и надземной прокладок по материальной характеристике	Значение среднегодовой поправки ΔK к значениям эксплуатационных тепловых потерь и предельное значение поправочного коэффициента K−ΔK при различных соотношениях среднечасовых эксплуатационных тепловых потерь и тепловых потерь, определенных по нормам														Предельное значение поправочного коэффициента K−ΔK
		От 0,6 до 0,8 вкл.		Св. 0,8 до 0,9 вкл.		Св. 0,9 до 1,0 вкл.		Св. 1,0 до 1,1 вкл.		Св. 1,1 до 1,2 вкл.		Св. 1,2 до 1,3 вкл.		Св. 1,3 до 1,4 вкл.		
		ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	ΔK	K+ΔK	
Подземная	0,9	0,08	1,00	0,06	1,10	0,04	1,10	0,02	1,15	0,01	1,20	–	–	–	–	1,20
Надземная	0,1	–	–	0,16	1,30	0,14	1,40	0,12	1,50	0,11	1,60	0,10	1,70	0,08	1,70	1,70
Подземная	0,8	0,10	1,00	0,07	1,10	0,05	1,20	0,03	1,20	0,02	1,25	0,01	1,30	–	–	1,30
Надземная	0,2	–	–	0,15	1,30	0,13	1,30	0,12	1,40	0,10	1,50	0,10	1,60	0,07	1,70	1,70
Подземная	0,6	0,12	1,00	0,10	1,10	0,08	1,20	0,05	1,25	0,03	1,30	0,02	1,35	–	–	1,35
Надземная	0,4	–	–	0,12	1,20	0,11	1,30	0,10	1,40	0,08	1,40	0,05	1,50	0,04	1,60	1,60
Подземная	0,4	0,14	1,10	0,12	1,20	0,10	1,30	0,08	1,30	0,06	1,35	0,04	1,40	–	–	1,40
Надземная	0,6	–	–	0,10	1,15	0,08	1,20	0,06	1,30	0,05	1,30	0,03	1,40	0,02	1,50	1,50
Подземная	0,3	0,15	1,10	0,13	1,20	0,11	1,30	0,09	1,30	0,08	1,40	0,05	1,40	0,04	1,40	1,40
Надземная	0,7	–	–	0,09	1,15	0,07	1,20	0,05	1,30	0,03	1,30	0,02	1,40	0,01	1,40	1,40
Подземная	0,2	0,16	1,20	0,14	1,20	0,12	1,40	0,11	1,40	0,09	1,40	0,06	1,40	0,05	1,40	1,40
Надземная	0,8	–	–	0,08	1,15	0,05	1,20	0,03	1,30	0,02	1,30	0,01	1,40	0,01	1,40	1,40

Приложение 5

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСОВЫХ УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ СРЕДНЕГОДОВЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТА

5.1. Расчет для подземной канальной прокладки

5.1.1. Термическое сопротивление изоляции $R_{из}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле

$$R_{из} = \frac{\ln(1 + 2\delta / d)}{2\pi\lambda_{из}}, \qquad (45)$$

где d — наружный диаметр трубопровода, м;

δ — толщина изоляции трубопровода, м;

$\lambda_{из}$ — коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/(м · °С) (табл. П5.1); значения поправок к коэффициентам теплопроводности приведены в табл. П5.2.

Рассчитывается для подающего ($R^{п}_{из}$) и обратного ($R^{о}_{из}$) трубопроводов с подстановкой соответствующих значений d, δ, $\lambda_{из}$.

5.1.2. Термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изолированного трубопровода в воздушное пространство канала $R_{возд}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле

$$R_{возд} = \frac{1}{\pi\alpha(d + 2\delta)}, \qquad (46)$$

где α — коэффициент теплоотдачи от изоляции трубопровода к воздуху канала; принимается согласно указаниям действующих Строительных норм и правил по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов равным 8 Вт/(м^2 · °С).

Рассчитывается для подающего ($R^{п}_{возд}$) и обратного ($R^{о}_{возд}$) трубопроводов с подстановкой соответствующих значений d и δ.

5.1.3. Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха в канале к грунту $R^{кан}_{возд}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле:

$$R^{кан}_{возд} = \frac{1}{\pi \alpha_в d_{экв}}, \qquad (47)$$

где $\alpha_в$ — коэффициент теплоотдачи от воздуха в канале к грунту; принимается согласно указаниям действующих Строительных норм и правил по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов равным 8 Вт/(м · °С);

$d_{экв}$ — эквивалентный диаметр сечения канала в свету (м); определяется по формуле

$$d_{экв} = 2\,b\,h/(b + h), \qquad (48)$$

где b — ширина канала, м;

h — высота канала, м.

5.1.4. Термическое сопротивление массива грунта $R_{гр}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле

$$R_{гр} = \frac{\ln [3{,}5\,(H/h)\,(h/b)^{0{,}25}]}{\lambda_{гр}(5{,}7 + 0{,}5b/h)}, \qquad (49)$$

где H — глубина заложения до оси трубопроводов, м;

$\lambda_{гр}$ — коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м · °С) (табл. П5.3).

5.1.5. Температура воздуха в канале $t_{кан}$ (°С) определяется по формуле

$$t_{кан} = \frac{[t^{ср.г}_{п}/(R^{п}_{из} + R^{п}_{возд})] + [t^{ср.г}_{о}/(R^{о}_{из} + R^{о}_{возд})] + [t^{ср.г}_{гр}/(R^{кан}_{возд} + R_{тр})]}{[1/(R^{п}_{из} + R^{п}_{возд})] + [1/(R^{о}_{из} + R^{о}_{возд})] + [1/(R^{кан}_{возд} + R_{тр})]}, \qquad (50)$$

где $t^{ср.г}_{п}$ — среднегодовая температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;

$t^{ср.г}_{о}$ — среднегодовая температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С;

$t^{ср.г}_{гр}$ — среднегодовая температура грунта, °С.

5.1.6 Среднегодовые часовые удельные тепловые потери $q_р$ (Вт/м) определяются по формуле

$$q_р = (t_{кан} - t_{гр}^{ср.г}) / (R_{возд}^{кан} + R_{гр}). \quad (51)$$

5.2. Расчет для подземной бесканальной прокладки

5.2.1. Термическое сопротивление изоляции рассчитывается по формуле (45). При определении коэффициента теплопроводности изоляции следует учитывать коэффициент увлажнения согласно действующим Строительным нормам и правилам по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

5.2.2. Термическое сопротивление массива грунта $R_{гр}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле

$$R_{гр} = \frac{\ln[4H/(d + 2\delta)]}{2\pi\lambda_{гр}}, \quad (52)$$

где H — глубина заложения до оси трубопроводов, м.

5.2.3. Термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние подающего и обратного трубопроводов $R_{п,о}$ [(м · °С)/Вт] определяется по формуле

$$R_{п,о} = \frac{\ln\sqrt{1 + (2H/s)^2}}{2\pi\lambda_{гр}}, \quad (53)$$

где s — расстояние между осями трубопроводов, м.

5.2.4. Среднегодовые часовые удельные тепловые потери подающего $q_п$ и обратного $q_о$ трубопроводов (Вт/м) определяются по формулам

$$q_п = \frac{(t_п^{ср.г} - t_{гр}^{ср.г})(R_{из}^{о} + R_{гр}^{о}) - (t_о^{ср.г} - t_{гр}^{ср.г})R_{п,о}}{(R_{из}^{п} + R_{гр}^{п})(R_{из}^{о} + R_{гр}^{о}) - R_{п,о}^2}; \quad (54)$$

$$q_о = \frac{(t_о^{ср.г} - t_{гр}^{ср.г})\cdot(R_{из}^{п} + R_{гр}^{п}) - (t_п^{ср.г} - t_{гр}^{ср.г})R_{п,о}}{(R_{из}^{п} + R_{гр}^{п})\cdot(R_{из}^{о} + R_{гр}^{о}) - R_{п,о}^2}. \quad (55)$$

5.2.5. Среднегодовые часовые удельные тепловые потери $q_р$ (Вт/м) определяются по формуле

$$q_р = q_п + q_о. \quad (56)$$

5.3. Расчет для надземной прокладки

5.3.1. Среднегодовые часовые удельные тепловые потери любого трубопровода q (Вт/м) определяются по формуле

$$q = \frac{\pi(t^{ср.г} - t^{ср.г}_{возд})}{\frac{\ln[(d + 2\delta)/d]}{2\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_{из}(d + 2\delta)}}, \qquad (57)$$

где $t^{ср.г}_{возд}$ — среднегодовая температура наружного воздуха;

$\alpha_{из}$ — коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху; может приниматься от 6 Вт/(м^2 · °С) при малых значениях скорости ветра и коэффициента излучения покровного слоя изоляции до 29 Вт/(м^2 · °С) при высоких значениях этих показателей согласно действующим Строительным нормам и правилам по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

Рассчитываются для подающего ($q_п$) и обратного ($q_о$) трубопроводов с подстановкой соответствующих значений $t^{ср.г}$, d, δ и $\lambda_{из}$.

Таблица П5.1

Коэффициенты теплопроводности теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из} = \lambda + kt^*_т$, Вт/(м · °С)
1. Асбестовый матрац, заполненный совелитом	0,087+0,00012 $t_т$
2. Асбестовый матрац, заполненный стекловолокном	0,058+0,00023 $t_т$
3. Асботкань в несколько слоев	0,13+0,00026 $t_т$
4. Асбестовый шнур	0,12+0,00031 $t_т$
5. Асбестовый шнур (ШАОН)	0,13+0,00026 $t_т$
6. Асболухшнур (ШАП)	0,093+0,0002 $t_т$
7. Асбовермикулитовые изделия марки 250	0,081+0,0002 $t_т$
8. Асбовермикулитовые изделия марки 300	0,087+0,00023 $t_т$
9. Битумоперлит	0,12+0,00023 $t_т$

Окончание таблицы П5.1

Теплоизоляционный материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из} = \lambda + kt_т^*$, Вт/(м · °С)
10. Битумокерамзит	0,13+0,00023 $t_т$
11. Битумовермикулит	0,13+0,00023 $t_т$
12. Вулканитовые плиты марки 300	0,074+0,00015 $t_т$
13. Диатомовые изделия марки 500	0,116+0,00023 $t_т$
14. Диатомовые изделия марки 600	0,14+0,00023 $t_т$
15. Известково-кремнеземистые изделия марки 200	0,069+0,00015 $t_т$
16. Маты минераловатные прошивные марки 100	0,045+0,0002 $t_т$
17. Маты минераловатные прошивные марки 125	0,049+0,0002 $t_т$
18. Маты и плиты из минеральной ваты марки 75	0,043+0,00022 $t_т$
19. Маты и полосы из непрерывного стекловолокна	0,04+0,00026 $t_т$
20. Маты и плиты стекловатные марки 50	0,042+0,00028 $t_т$
21. Пенобетонные изделия	0,11+0,0003 $t_т$
22. Пенопласт ФРП-1 и резопен группы 100	0,043+0,00019 $t_т$
23. Пенополимербетон	0,07
24. Пенополиуретан	0,05
25. Перлитоцементные изделия марки 300	0,076+0,000185 $t_т$
26. Перлитоцементные изделия марки 350	0,081+0,000185 $t_т$
27. Плиты минераловатные полужесткие марки 100	0,044+0,00021 $t_т$
28. Плиты минераловатные полужесткие марки 125	0,047+0,000185 $t_т$
29. Плиты и цилиндры минераловатные марки 250	0,056+0,000185 $t_т$
30. Плиты стекловатные полужесткие марки 75	0,044+0,00023 $t_т$
31. Полуцилиндры и цилиндры минераловатные марки 150	0,049+0,0002 $t_т$
32. Полуцилиндры и цилиндры минераловатные марки 200	0,052+0,000185 $t_т$
33. Совелитовые изделия марки 350	0,076+0,000185 $t_т$
34. Совелитовые изделия марки 400	0,078+0,000185 $t_т$
35. Скорлупы минераловатные оштукатуренные	0,069+0,00019 $t_т$
36. Фенольный поропласт ФЛ монолит	0,05
37. Шнур минераловатный марки 200	0,056+0,000185 $t_т$
38. Шнур минераловатный марки 250	0,058+0,000185 $t_т$
39. Шнур минераловатный марки 300	0,061+0,000185 $t_т$

* $t_т$ – средняя температура теплоизоляционного слоя, °С;
$t_т = (t + 40)/2$, где t – температура теплоносителя.

Таблица П5.2

Значения поправок K_λ к коэффициентам теплопроводности теплоизоляционных материалов в зависимости от технического состояния

Техническое состояние теплоизоляционной конструкции, условия эксплуатации	Поправочный коэффициент K_λ
1. Незначительное разрушение покровного и основного слоев изоляционной конструкции	1,3–1,5
2. Уплотнение изоляции сверху трубопровода и обвисание снизу	1,6 1,8
3. Частичное разрушение теплоизоляционной конструкции, уплотнение основного слоя изоляции на 30–50%	1,7–2,1
4. Уплотнение основного слоя изоляции на 75%	3,5
5. Периодическое затопление канала грунтовыми водами или смежными коммуникациями	3,0–5,0
6. Незначительное увлажнение изоляции (10–15%)	1,4 1,6
7. Увлажнение изоляции на 20–30%	1,9–2,6
8. Сильное увлажнение изоляции (40–60%)	3,0–4,5

Таблица П5.3

Коэффициенты теплопроводности грунтов в зависимости от степени увлажнения

Вид грунта	Коэффициент теплопроводности грунта λ_0, Вт/(м · °С)		
	сухого	влажного	водонасыщенного
1. Песок, супесь	1,10	1,92	2,44
2. Глина, суглинок	1,74	2,56	2,67
3. Гравий, щебень	2,03	2,73	3,37

Приложение 6

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Таблица П6.1

Материальная характеристика водяной тепловой сети

Участок тепловой сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Год ввода в эксплуатацию	Наружный диаметр трубопровода на участке $d_н$, м	Длина трубопровода на участке L, м	Материальная характеристика участка M, м^2	Доля M по типу прокладки или конструкции изоляции от M всей сети
Источник тепловой энергии (эксплуатационный район)						
	Подземная прокладка (подающий и обратный трубопроводы)					
	Надземная прокладка:					
	подающий трубопровод					
	обратный трубопровод					

Таблица П6.2

Среднемесячные и среднегодовые значения температуры окружающей среды и сетевой воды

Месяц	Значение температуры, усредненное за 5 лет, °С		Значение температуры сетевой воды (по температурному графику), °С, в трубопроводе	
	грунта на средней глубине заложения $t_р$	наружного воздуха $t_н$	подающем t_1	обратном t_2
Январь				
Декабрь				
Среднегодовое значение температуры, °С				

Таблица П6.3

Расчет часовых среднегодовых тепловых потерь через тепловую изоляцию

Участок тепловой сети	Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции	Наружный диаметр трубопровода на участке $d_н$, м	Длина трубопровода на участке L, м	Удельные тепловые потери при среднегодовых условиях по нормам $q_н^{ср.г}$, Вт/м {ккал/(м · ч)}	Поправочный коэффициент к удельным тепловым потерям К	Часовые среднегодовые тепловые потери на участке $Q_н^{ср.г}$, Вт (ккал/ч)
	Подземная прокладка (подающий и обратный трубопроводы) Надземная прокладка: подающий трубопровод обратный трубопровод					

Таблица П6.4

Расчет месячных и годовых тепловых потерь

Месяц	Среднемесячные часовые тепловые потери всей сети $Q_{ср.м}$, МВт (Гкал/ч)			Продолжительность работы сети в данном месяце n, ч	Месячные тепловые потери всей сети по видам прокладки, ГДж (Гкал)			Месячные тепловые потери с потерями сетевой воды, ГДж (Гкал)	Месячные суммарные тепловые потери всей сети, ГДж (Гкал)	Отпуск тепла, ГДж (Гкал)	Отношение тепловых потерь к отпуску тепла, %
	Подземная прокладка	Надземная прокладка трубопровода			Подземная прокладка	Надземная прокладка трубопровода					
		подающего	обратного			подающего	обратного				
Январь											
Декабрь											
Среднегодовое значение											

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 3
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ВОДЯНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ СЕТЯМИ 6
3.1. Определение тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции 6
3.2. Поправки к значениям нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции 22
3.3. Определение показателей нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции 24
3.4. Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды 27
4. ПОСТРОЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ "ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ" 32
4.1. Построение энергетической характеристики по тепловым потерям через теплоизоляционные конструкции 32
4.2. Построение энергетической характеристики по тепловым потерям с потерями сетевой воды 34
4.3. Построение энергетической характеристики суммарных эксплуатационных тепловых потерь 36
4.4. Корректировка и пересмотр энергетических характеристик 38
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ 39
5.1. Определение фактических тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции 39

5.2. Определение тепловых потерь с потерями сетевой воды 40
Приложение 1. Нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными в период с 1959 г. по 1990 г. 42
Приложение 2. Нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными в период с 1990 г. по 1998 г. 45
Приложение 3. Нормы тепловых потерь (плотности теплового потока) водяными теплопроводами, спроектированными с 1998 г. 49
Приложение 4. Поправки к нормируемым тепловым потерям тепловых сетей через теплоизоляционные конструкции 52
Приложение 5. Формулы для определения часовых удельных тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловых сетей на основании расчета 53
Приложение 6. Рекомендуемые формы представления исходных данных и расчета тепловых потерь 59

Подписано к печати 18.09.2003
Печать ризография Усл.печ.л. 3,8 Уч.-изд. л. 4,0 Тираж 200 экз.
Заказ № Издат. № 03-57

Лицензия № 040998 от 27.08.99 г.

СПО ОРГРЭС
107023, Москва, Семеновский пер., д. 15

gost.e-ecolog.ru